

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2020

Vladimír Kuchař

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Návrh ostrovního systému
Design of the off-grid system

2020

Vladimír Kuchař

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Zadání bakalářské práce

Student: **Vladimír Kuchař**
Studijní program: B2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 3907R001 Elektroenergetika
Téma: **Návrh ostrovního systému**
Design of the off-grid system
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Teoretický úvod - popis komponent ostrovních systémů
2. Analýza trhu v oblasti fotovoltaických systémů
3. Analýza trhu v oblasti malých větrných elektráren
4. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] Vantuch, T., Misak, S., Jezowicz, T., Burianek, T., Snasel, V. The Power Quality Forecasting Model for Off-Grid System Supported by Multiobjective Optimization (2017) IEEE Transactions on Industrial Electronics, 64 (12), art. no. 7938383, pp. 9507-9516.
[2] Kosmak, J., Misak, S. A power quality parameters setup for power quality management model as an integrate part of active demand side management (2017) Proceedings of the 9th International Scientific Symposium on Electrical Power Engineering, ELEKTROENERGETIKA 2017, pp. 523-528.
[3] Maleki, A., Pourfayaz, F., Hafeznia, H., Rosen, M.A. A novel framework for optimal photovoltaic size and location in remote areas using a hybrid method: A case study of eastern Iran (2017) Energy Conversion and Management, 153, pp. 129-143.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Lukáš Prokop, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2019

Datum odevzdání: 30.04.2020

prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry




prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne 14. 5. 2020

Podpis autora 

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce, Ing. Lukášovi Prokopovi, Ph.D. za jeho ochotu při konzultacích, připomínky a poskytnutí cenných rad při vypracování této práce.

Abstrakt

Tato bakalářská práce popisuje v teoretické části ostrovní systém, jeho rozdělení na zdrojovou část, část akumulace a část spotřeby a jednotlivé prvky všech zmíněných částí. Zdrojová část popisuje princip, typy a jednotlivé součásti fotovoltaických panelů a větrných elektráren, část akumulace popisuje způsoby uchovávání energie dle typu akumulačního média a regulátory, které k akumulaci patří. Část spotřeby se zabývá měniči a inteligentní elektroinstalací.

V části analýzy trhu jsou popsány na trhu aktuálně dostupné fotovoltaické panely a malé větrné elektrárny se zaměřením na možnost integrace do konstrukcí budov a jejich vlastnosti. Výsledkem je porovnání a zhodnocení dostupných produktů, které je možný využít při návrhu ostrovních systémů.

Klíčová slova

Ostrovní systém, průzkum trhu, větrná elektrárna, fotovoltaická elektrárna, akumulace, integrace

Abstract

This bachelor's thesis in theoretical part describes parts of the off-grid system, its dividing into the source part, the accumulation part and the consumption part and individual elements of all mentioned parts. The source part describes the principle, types and individual components of photovoltaic panels and wind power plants, accumulation part describes methods of energy storage according the type of storage medium and charge controllers that are also part of the accumulation part. Part of the consumption describes inverters and smart homes.

The market analysis section describes photovoltaic panels and small wind power plants currently available on the market, focusing on the possibility of integration into building structures and their properties. The result is a comparison and evaluation of available products that can be used in designing of off-grid systems.

Keywords

Off-grid system, market research, wind power plant, photovoltaic power plant, accumulation, integration

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Ostrovní systém.....	2
2.1	Zdrojová část.....	3
2.1.1	Fotovoltaické panely	3
2.1.2	Větrné generátory	5
2.2	Část akumulace	9
2.2.1	Elektrochemická akumulace.....	9
2.2.2	Elektromagnetická akumulace	12
2.2.3	Tepelná akumulace.....	12
2.2.4	Mechanická akumulace	12
2.2.5	Regulátory	13
2.3	Část spotřeby	14
2.3.1	Měniče.....	14
2.3.2	Inteligentní elektroinstalace	14
3	Analýza trhu fotovoltaických systémů.....	15
4	Analýza trhu malých větrných elektráren	28
5	Přehledové tabulky.....	37
6	Závěr	39
7	Seznam použitých zkratk:.....	40
8	Seznam obrázků:	41
9	Seznam tabulek:	42
10	Seznam použité literatury.....	43

1 Úvod

V současné době je kladen důraz na snížení energetické náročnosti budov, a to platí jak pro vytápění, tak pro odběr elektrické energie jako takové. Jedním z řešení může být návrh budovy jako ostrovního systému, tedy systému, kde je možné pokrýt spotřebu budovy vlastní výrobou a stát se tak tedy nezávislým na dodávce elektrické energie. Původně se těchto systémů využívalo v místech, kam nebylo možné zavést energii ze sítě, čím dál častěji se ale podobné systémy budují i v místech, kde toto řešení není nezbytně nutné.

Poslední dobou je především kvůli vlivům na životní prostředí kladen důraz na využívání obnovitelných zdrojů, díky čemuž dochází k rychlému rozvoji a zvýšení dostupnosti fotovoltaických a větrných elektráren. S možností využití těchto zdrojů v ostrovních systémech již někteří výrobci počítají, proto nabízejí řešení, která nejenže esteticky nenarušují vzhled budovy, ale mohou rovněž sloužit jako konstrukční prvky, například střechy. Není tedy potřeba zabírat těmito zdroji další plochu, která pak může být využita účelněji.

V České republice mají z obnovitelných zdrojů k tomuto účelu největší potenciál fotovoltaické elektrárny, avšak k pokrytí dodávky, kdy není dostatek slunečního svitu je se dají použít malé větrné elektrárny, díky čemuž je možné například ušetřit na akumulární části, jelikož dodávka elektrické energie je téměř stálá a není tedy potřeba skladovat takové množství energie.

Tato práce je rozdělena na dvě hlavní části, kde v první části jsou teoreticky popsány jednotlivé části ostrovních systémů a v druhé jsou uvedeny konkrétní dostupné fotovoltaické a větrné elektrárny a jejich dostupné technické parametry.

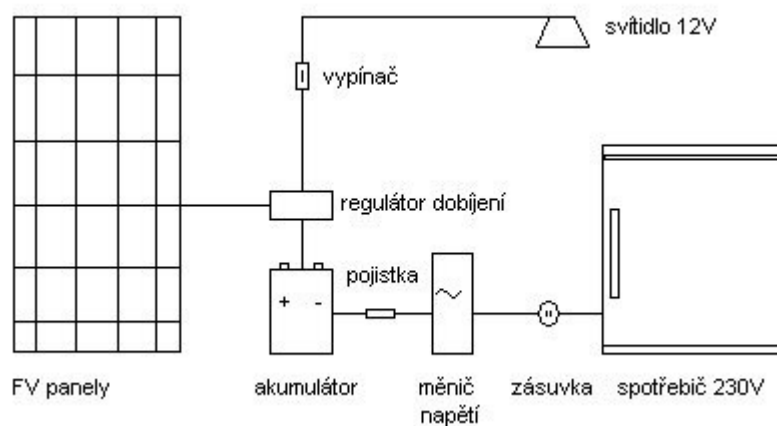
2 Ostrovní systém

Ostrovní systém je soustava výroby, rozvodu a spotřeby, případně akumulace elektrické energie, která není připojena k vnější distribuční síti. Takové systémy se nejčastěji používají v situacích, kde není k dispozici rozvodná síť a kde je potřeba elektrické energie, a přitom není možné nebo ekonomicky výhodné připojku budovat, tzn. náklady na vybudování připojky jsou srovnatelné nebo vyšší než náklady pro vybudování ostrovního systému. Především se v praxi jedná o odlehlé objekty, ale i karavany, jachty, napájení dopravní signalizace, telekomunikační zařízení apod. [1]

Ostrovní systém může existovat ve třech základních provedeních. Tím nejjednodušším je ostrovní systém s přímým napájením. Jedná se vlastně o systém, který se skládá ze zdroje, regulátoru napětí a spotřebiče. Tento typ systému nedisponuje akumulací, tudíž je spotřebič funkční pouze za podmínek, které dovolují zdroji fungovat. Zdrojem u těchto systémů bývají nejčastěji fotovoltaické panely, jejichž provoz je podmíněn dostatečným osvětlením. Systémy s přímým napájením mohou sloužit například k nabíjení akumulátorů malých přístrojů jako je mobilní telefon či notebook nebo k napájení čerpadel solárního systému pro ohřev TUV.

Dalším typem ostrovního systému je systém s akumulací elektrické energie, který umožňuje využívat elektrickou energii i v době, kdy zdrojová část nedodává žádný výkon. K uchování energie se zde využívají akumulátory, do kterých při výrobě převyšující spotřebu ukládána energie. Tuto energii je pak možné čerpat tehdy, kdy výroba nedokáže pokrýt spotřebu. Tento typ systému je možné využívat například u rekreačních objektů, kde není potřeba zajistit celoroční provoz.

Pro celoroční provoz je vhodným typem ostrovního systému systém hybridní. Takový systém je oproti předešlému doplněn o další nezávislý zdroj elektrické energie, kterým bývá zpravidla elektrocentrála nebo kogenerační jednotka. Hybridní systém tedy dokáže pokrýt i období, kdy není výroba z hlavních zdrojů dostatečná, zpravidla v zimě, a dokáže pomoci napájet i zařízení s vysokým příkonem.



Obr.1 Schéma ostrovního systému s akumulací [2]

2.1 Zdrojová část

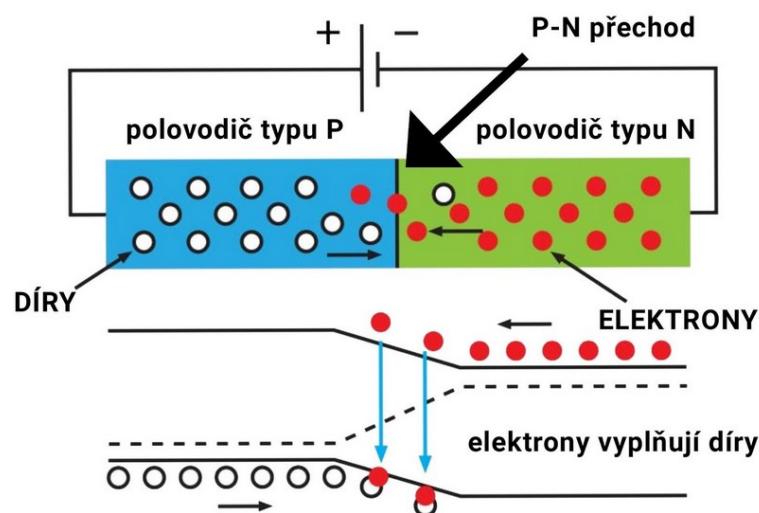
Zdrojovou část ostrovních systémů z obnovitelných zdrojů tvoří především fotovoltaické panely a větrné generátory. Tyto prvky je třeba správně dimenzovat, k čemuž je potřeba znát počet, typ a příkon jednotlivých spotřebičů a jejich využívání v průběhu roku, měsíce, týdne a dne. Při dimenzování je třeba také počítat s dostatečnou rezervou, především v případě zimního provozu. [2]

2.1.1 Fotovoltaické panely

Fotovoltaické panely se řadí k obnovitelným zdrojům elektrické energie. K výrobě elektrické energie využívají přeměny energie slunečního záření, což je jedna z nejdostupnějších energií na Zemi. Mezi výhody patří absence pohyblivých částí, z čehož vyplývá snadná údržba, flexibilita designu a relativně jednoduchá instalace. Mezi hlavní nevýhody patří omezená životnost, nízká účinnost a nižší návratnost, která bývá ovšem v současné době v mnoha případech vykompenzována dotacemi. [3]

2.1.1.1 Princip

Fotovoltaické panely se skládají z fotovoltaických článků, jejichž základem je polovodičová dioda s PN přechodem. Při dopadajícím elektromagnetickém záření na fotočlánek se uplatňuje fotoelektrický jev, při kterém se uvolňují z krystalové mřížky elektrony. Aby mohl být elektron uvolněn, musí mít foton dostatečnou energii pro překonání zakázaného pásu. U křemíku je potřeba energie 1,12 eV. Energie fotonů závisí na vlnové délce, přičemž energie 1,12 eV odpovídá infračervenému záření s vlnovou délkou přibližně 1105 nm. Fotony s vyšší vlnovou délkou nejsou křemíkem absorbovány. Díky potenciálové bariéře PN přechodu nedochází k rekombinaci elektronů a děr a elektrony procházejí pouze v propustném směru. Na PN přechodu fotočlánku vzniká napětí o velikosti 0,5-0,6 V. Pro zvýšení napětí se jednotlivé články řadí sériově, zvýšení proudu se dosáhne řazením paralelním. [4]



Obr. 2 Princip fotočlánku [5]

2.1.1.2 Typy panelů

Monokrystalické panely

Krystaly křemíku u těchto panelů dosahují velikosti větší než 10 cm a plocha článků je rovnoměrná. Monokrystalické články mají většinou tmavý odstín do hněda až do černa. V našich zeměpisných šířkách je tento typ panelu nejběžnější, neboť při ideálním sklonu a orientaci ke slunci má ze všech typů panelů nejvyšší účinnost, a to 14-23 %. Vysoká účinnost je však podmíněna místem s dobrými světelnými podmínkami

Polykrystalické panely

Polykrystalické panely mají nerovnoměrnou plochu, která se skládá z většího počtu malých krystalů. Tyto panely jsou charakteristické modrým odstínem. Výroba těchto panelů je jednodušší než výroba monokrystalických panelů, proto se dříve daly pořídit za nižší cenu, dnes je však cenový rozdíl velmi malý. Účinnost těchto panelů je nižší než u panelů monokrystalických, a to 12-20 %, avšak tyto panely dovolují určitou odchylku od ideální orientace. Polykrystalické panely jsou tedy vhodné použít v místech, kde světlo dopadá z boku a je rozptýlené.

Tenkovrstvé panely

Tenkovrstvé panely jsou založeny na tenké vrstvě fotovoltaického materiálu napařované na sklo nebo fólii, což dovoluje i výrobu ohebných panelů. Účinnost těchto panelů se pohybuje mezi 7-15 % a pro dosažení stejného výkonu jako předchozí typy panelů je třeba 2,5x větší plochy. Celoroční výnos oproti předchozím typům je však vyšší díky citlivosti amorfních panelů na rozptýlené světlo, jelikož se dostatečné napětí na článcích udrží i při nižší intenzitě. Další výhodou těchto panelů je, že závislost účinnosti na teplotě není tak vysoká jako u ostatních typů panelů, tedy účinnost s rostoucí teplotou klesá pomaleji. Do této kategorie patří například amorfní panely, CdTe, CIS, CIGS, OPS. [6]

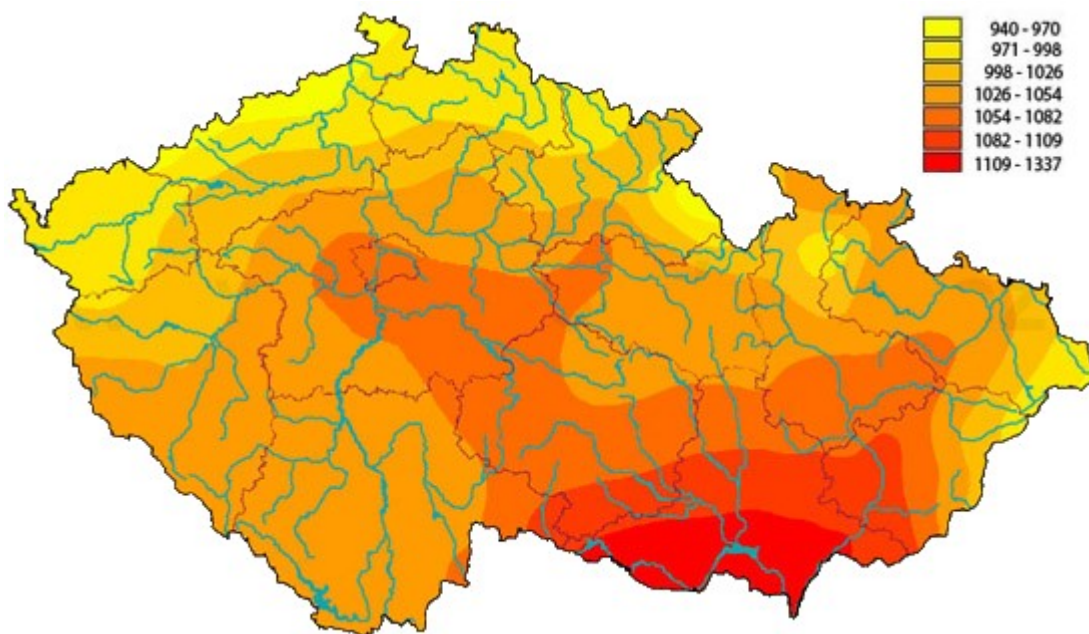


Obr. 3 Typy solárních panelů [7]

2.1.1.3 Situace v ČR

Současný stav FVE v ČR je stále z velké části ovlivněn tzv. fotovoltaickým boomem v roce 2010, který do značné míry omezil následný vývoj FVE v ČR. Podíl fotovoltaické energie instalovaného výkonu v elektrizační soustavě v ČR tvoří v současné době přibližně 10%. Podle statistik z roku 2015 je na území ČR v současnosti přibližně 28 000 fotovoltaických elektráren s instalovaným výkonem přibližně 2,1 GW. Vzhledem k tomu, že po roce 2012 nebyly podporovány výstavby FVE nad 30kW, nastal výrazný nárůst podílu střešních instalací. Početně tvoří FVE do 30kW 92% procent celkového počtu fotovoltaických elektráren na území ČR, přičemž jejich podíl na celkovém instalovaném výkonu činí přibližně 12%.

Podle studie České fotovoltaické průmyslové asociace vysoký potenciál nyní nabízejí střešní FVE v segmentu rodinných a bytových domů. Z dostupných dat byla odhadnuta celková půdorysná plocha rodinných a bytových domů na území ČR na 161 460 142 m², z čehož využitelná plocha pro instalaci FV panelů při využití 55% střech byla stanovena na 29 601 062 m². Při průměrném instalovaném výkonu střešní FVE 4,5 kWp byl celkový technický potenciál instalovaného výkonu stanoven na 4 521 MW. [8]



Obr. 4 Roční průměrný úhrn slunečního záření W/m² [9]

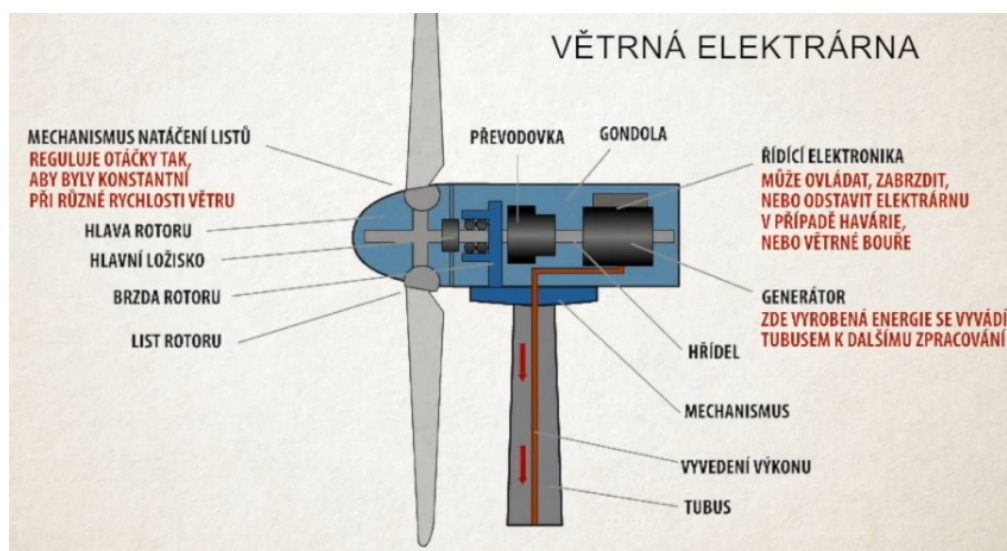
2.1.2 Větrné generátory

Větrné elektrárny jsou zařízení, která přeměňují kinetickou energii větru na energii elektrickou. Vítr vzniká v atmosféře díky rozdílu tlaků způsobeného nerovnoměrným ohříváním povrchu země. Teplejší vzduch stoupá vzhůru a na jeho místo se tlačí vzduch studený. Výkon větrných elektráren je dán především rychlostí větru, která je ovlivněna vzdáleností od povrchu, přičemž s klesající vzdáleností klesá i rychlost větru, a také členitostí okolního terénu. Větrné elektrárny jsou nejčastěji stavěny na horách, pobřežích nebo na moři, kde vítr dosahuje dostatečné rychlosti, a kde dochází k nejčastějšímu výskytu. [10]

2.1.2.1 Princip

Větrná elektrárna se skládá z rotoru s listy, brzdy rotoru, převodovky, spojky, generátoru, pohonu pro natáčení strojovny, brzdy strojovny, senzorů pro snímání rychlosti a směru větru, stožáru (tubusu) a elektrorozvaděče.

U větrných elektráren se používají synchronní i asynchronní generátory. Při použití asynchronních generátorů se používají 4-pólové generátory s 1500 ot/min nebo 6-pólové generátory 1000 ot/min pro síť 50Hz. Rotor je umístěn na hřídeli, která přenáší výkon do převodovky. Převodovka se používá pro zvýšení otáček pro poháněný generátor. Převodovka musí být kvůli kolísání a poryvům větru konstruována pro vysoké namáhání. Z důvodu měnícího se směru větru je také nutné zajistit natáčení strojovny. To zajišťují elektropohony, které hřídeli dosedají na ozubení stožáru. Pro zajištění polohy se pak nejčastěji využívá čelistových brzd, které po natočení zaaretují požadovanou polohu. Celá gondola se strojovnou je umístěna na stožáru. V Evropě se nejčastěji používají ocelové tubusové stožáry, v poslední době se však rozvíjí i stavba betonových stožárů, jejichž pevnost zajišťují předepjatá ocelová lana vedena dutinami v jednotlivých skružích. [11, 12, 13, 14, 15]



Obr. 5 Konstrukce větrné elektrárny [16]

2.1.2.2 Typy větrných elektráren

Větrné elektrárny můžeme dělit podle dvou specifíků, a to velikosti a konstrukce. Podle velikosti se větrné elektrárny dělí na mikroelektrárny, malé, střední a velké elektrárny.

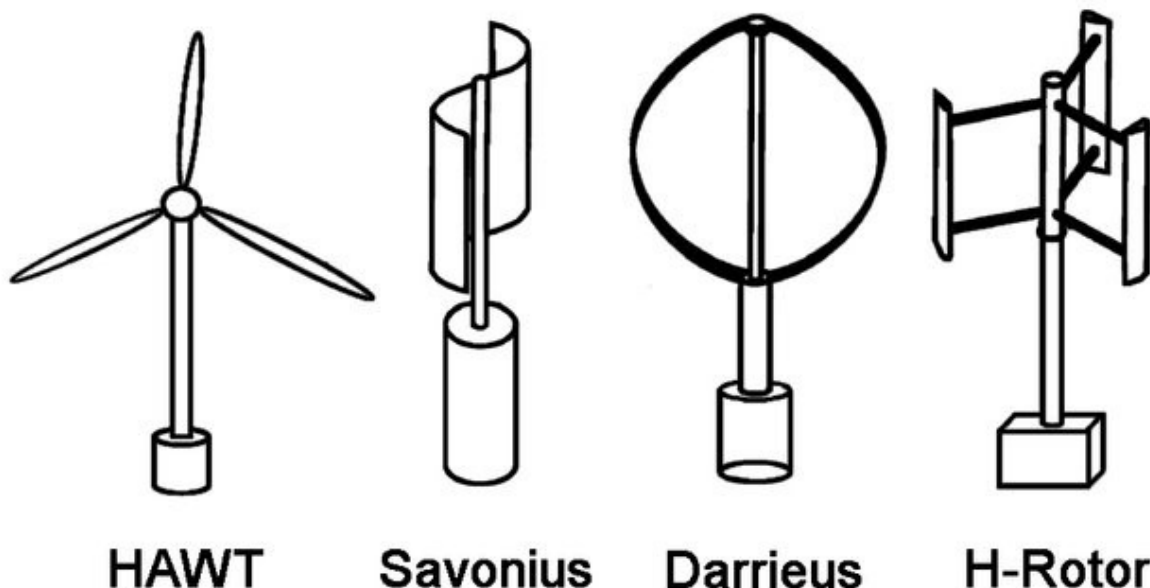
Mikroelektrárny jsou specifické svými malými rozměry. Výstupní napětí je většinou 12 nebo 24 V určené k akumulaci a pokrytí spotřeby při špičkovém odběru. Používají se k napájení reklamních panelů, mobilních nebo měřicích stanic, chat nebo chalup. Často se využívají v kombinaci se solárními panely v ostrovních systémech. Z hlediska výkonu se dají mezi mikroelektrárny zařadit elektrárny do výkonu 1kW. Natáčení je řešeno mechanicky – ocasní plochou.

Malé větrné elektrárny už většinou využívají asynchronní generátor s výstupním napětím 230 V do 15kW. Tyto elektrárny ovšem také většinou nedodávají energii do sítě. Dražší provedení malé větrné elektrárny může být vybaveno asynchronním motorem, díky čemuž se zvýší účinnost. Natáčení je již řešeno pomocnými motory. Gondola je vybavena převodovkou a brzdou.

Velké elektrárny pracují do sítě. Výstupní napětí je v řádu kV a výkon v jednotkách MW na jednu věž. Generátor bývá u těchto elektráren většinou synchronní nebo asynchronní. V současnosti se používají i generátory s přímým spojením turbíny a převodovky, konstrukčně se jedná o synchronní generátory s budícím napětím na rotoru. Většina velkých větrných elektráren má konstantní otáčky regulované natáčením listů a proměnným převodovým poměrem převodovky. [16]

Další možností, jak dělit větrné elektrárny je podle konstrukce. Základními konstrukčními typy jsou odporové a vztahové. Vztahové využívají síly vznikající na speciálně tvarovaném rotorovém listu při obtékání vzduchem. Odporové turbíny jsou konstrukčně starší a pracují na jednodušším principu rozdílu působení sil na lopatky, čehož je dosaženo různým tvarem lopatek (například miskovitým tvarem) nebo natočením lopatek v závislosti na směru větru. Tyto turbíny jsou méně účinné než vztahové

Podle osy lze turbíny dělit na horizontální (HAWT) a vertikální (VAWT). Horizontální turbíny pracují s osou otáčení kolmo ke směru větru a je tedy potřeba je natáčet. Jejich účinnost je okolo 48%. Vertikální turbíny mají osu otáčení rotoru umístěnou kolmo k zemi a nejsou tedy závislé na směru větru, což je výhoda tam, kde dochází k častým změnám směru větru. Rovněž zabírají méně místa a lze je umístit blíže k sobě aniž by se navzájem ovlivňovaly. Účinnost těchto turbín je okolo 38%. Jako druhy vertikálních turbín lze dále uvést Darrieroovu turbínu a Savoniovu turbínu. Darrierova turbína pracuje na vztahovém principu a dosahuje o něco vyšší účinnosti než je tomu u ostatních vertikálních turbín, avšak je potřeba vyšší rychlost větru pro start. Konstrukčně je tvořena většinou dvěma nebo třemi elipsovitými listy, díky čemuž má turbína vejcovitý tvar. Z Darrierovy turbíny vychází turbína s H-rotorem, kde lopatky nejsou zakřivené a jsou napřímo spojené s rotorem. Savoniova turbína využívá odporového principu a lopatky jsou polokruhovitěho tvaru. Díky nižší účinnosti se příliš nepoužívá, je však jednoduchá na výrobu. Z této turbíny jsou odvozeny různé modifikace jako například turbína se šroubovitým tvarem lopatek. [17]



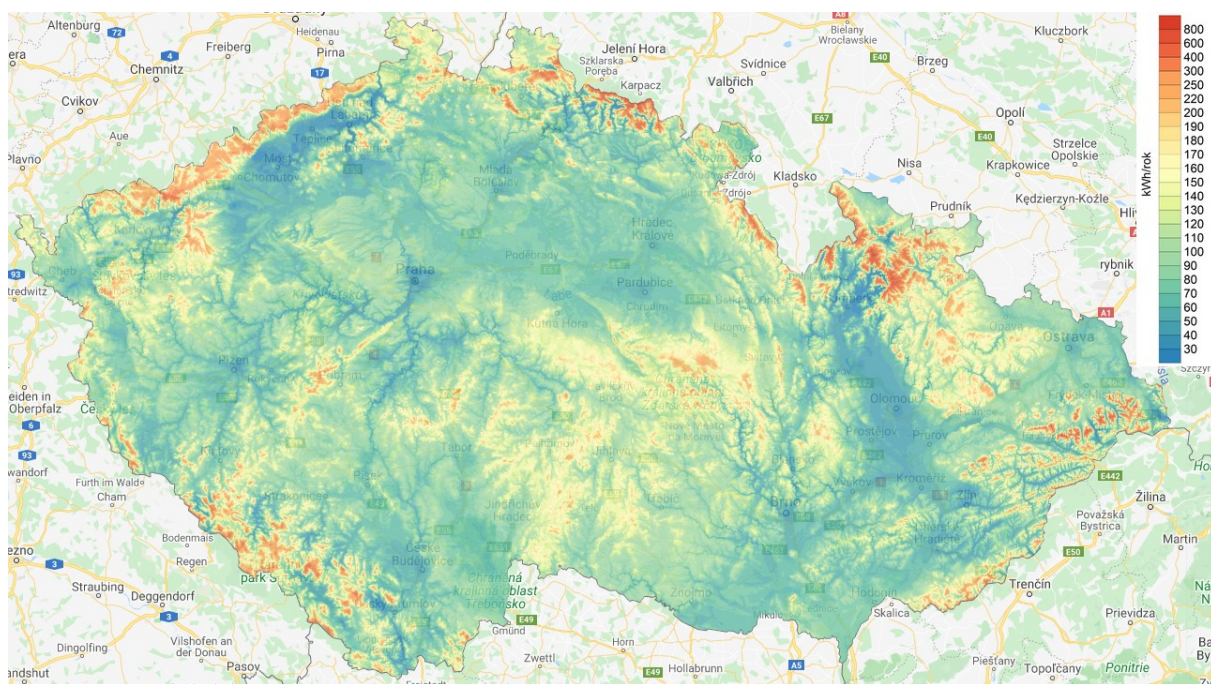
Obr. 6 Typy rotorů větrných elektráren [18]

2.1.2.3 Situace v ČR

Podle studie zpracované Ústavem fyziky atmosféry AV ČR je možné odhadem uvažovat potenciál instalovaného výkonu větrných elektráren. Základem pro odhad je technický potenciál, který bere v úvahu technické limity výstavby jako jsou například příznivé větrné podmínky, vyloučení chráněných oblastí nebo hluk. Tento potenciál byl vyčíslen na hodnotu 29 GW s roční výrobou elektrické energie 71 TWh. Dále je potenciál VE v ČR limitován okolnostmi, jako je například lokální výskyt ohrožených druhů, možnosti vyvedení výkonu nebo konflikty s jinými technologiemi, které nelze objektivně definovat.

Bylo definováno několik scénářů, kde tzv. střední scénář počítá s instalací větrných elektráren o výkonu celkem 2300 MW a výrobě 5,9 TWh ročně. Tento scénář počítá s vyloučením 50% příhodných lokalit z důvodu nedostatečného přijetí ze strany obyvatel a s omezením potenciálu kvůli ryze lokálním investicím v nejperspektivnějších oblastech. Tento scénář přibližně odpovídá současnému rozsahu větrné energie v Rakousku. Tzv. vysoký scénář má parametry stanoveny příznivěji, avšak stále počítá s omezeními v oblastech s nejvyšším potenciálem. Hodnoty instalovaného výkonu zde dosahují 2,5 násobku středního scénáře.[19]

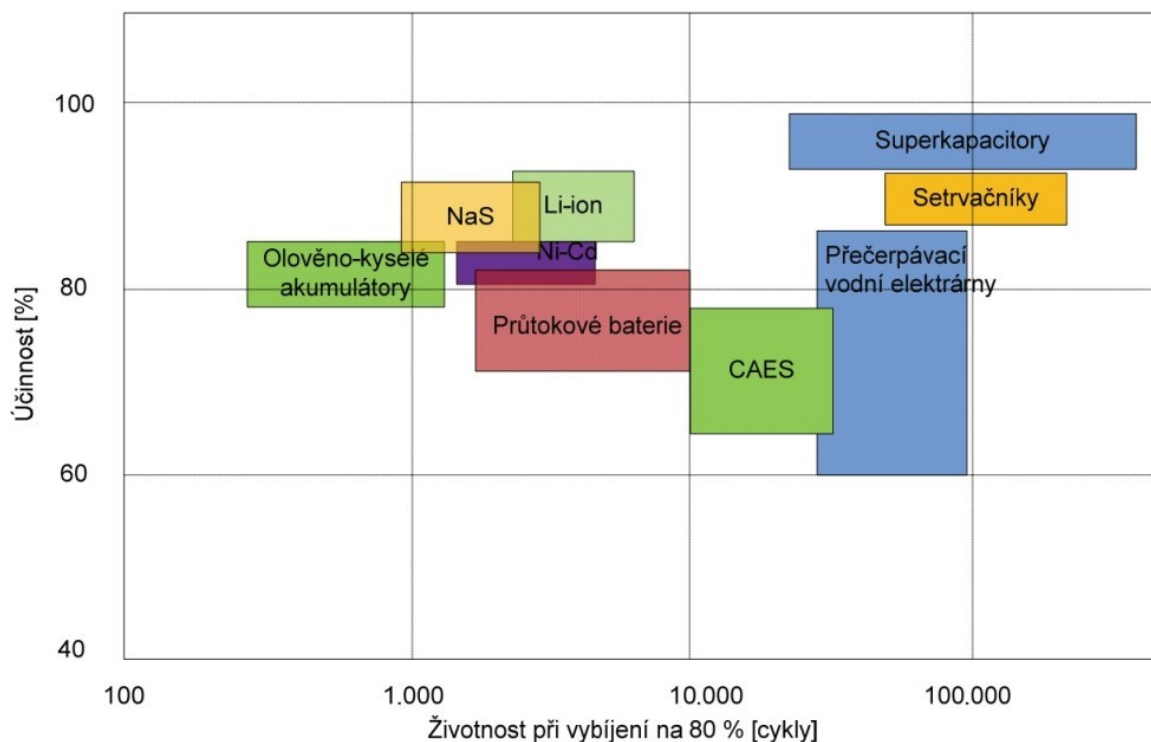
Do těchto scénářů však nejsou započítány malé větrné elektrárny pracující v ostrovních systémech, kde jejich hlavní výhodou je pokrytí a doplnění výroby energie fotovoltaických panelů.



Obr. 7 Větrná mapa pro malé větrné elektrárny (10m nad povrchem) [20]

2.2 Část akumulace

Důležitou součástí ostrovních systémů je akumulační část, díky které systém překonává časové rozdíly mezi výrobou a spotřebou a umožňuje pokrýt špičky zatížení. Díky akumulaci je tedy možné dodávání energie i za podmínek, kdy zdrojová část nedodává žádný výkon. Akumulátory je třeba vhodně dimenzovat v závislosti na zdrojové části, aby bylo možné zajistit nepřetržitou dodávku elektrické energie. Typy akumulace jsou dány druhem uchovávané energie.



Obr. 8 Životnost a účinnost různých typů akumulace [21]

2.2.1 Elektrochemická akumulace

K elektrochemické akumulaci se používají akumulátory a palivové články. Tento způsob akumulace využívá k uchování energie vratné chemické změny, které se projevují rozdílným potenciálem na elektrodách. U akumulátoru se energie uchovává díky chemické reakci mezi elektrodou a elektrolytem, u vodíkového a syntézního způsobu uchování energie se využívá přeměny energie na energii chemickou.

Olověné akumulátory

Olověný akumulátor byl první komerčně využitelnou baterií. I přes dlouhou historii stále patří k nejvyužívanějším typům akumulátorů, a to především díky jednoduché konstrukci, dobrému poměru ceny a kapacity a pomalému samovybíjení. Konstrukčně jsou tyto akumulátory tvořeny dvěma olověnými elektrodami ponořenými do vodního roztoku kyseliny sírové. Elektrody jsou zhotoveny ve formě mřížek s přídavkem antimonu nebo vápníku. Přidáním antimonu nebo cínu lze dosáhnout lepšího chování cyklicky hluboce vybíjených akumulátorů, na druhou stranu je však třeba častější

vyrovnávací napětí. Přidáním vápníku se sníží samovybíjení, ale dochází k oxidaci elektrod při přebíjení. Nevýhodou těchto akumulátorů je vysoká hmotnost, nízká životnost při hlubokém vybíjení a nízká měrná hustota energie. V ostrovních systémech se využívají trakční baterie, které na rozdíl od startovacích baterií jsou konstruovány pro dodávku konstantního výkonu. Toho je dosaženo silnějšími elektrodami, kterými je zajištěn rozumný počet nabíjecích a vybíjecích cyklů. [22]

Průtokové baterie

Průtokové baterie jsou tvořeny zásobníky pozitivního a negativního elektrolytu, elektrodami a membránou. Technologie se podobá bateriím i palivovým článkům. Výhodou je možnost nepřetržité výměny elektrolytu a dlouhá životnost. Kapacitu i výkon je možné zvýšit zvětšením objemu nádrží. Mezi nevýhody patří nižší energetická hustota a opotřebování membrány, kterou ovšem lze vyměnit. V současnosti existuje několik typů těchto baterií, jako redoxní, hybridní a bezmembránové. Potenciál by mohl být v elektromobilitě, kde by se místo nabíjení pouze vyměnil elektrolyt. [21]

Sodíkové-sírové baterie (NaS)

NaS baterie vynikají vysokým poměrem hustoty energie ku hmotnosti a díky dlouhé a stabilní vybíjecí křivce. Energetická hustota je až 3x vyšší než u olovených akumulátorů. Zvláštností těchto baterií je provozní teplota, která se pohybuje mezi 300 až 350 °C a kapalné elektrody. Konstruovány jsou jako vzduchotěsné kvůli přítomnosti kovového sodíku, který je v kombinaci s vodou hořlavý. Baterie dosahuje 4500 nabíjecích cyklů a životnosti 15 let. Jednotlivé články lze zapojovat sériově-parallelně dle požadovaných hodnot napětí a kapacity. Největší sodíkovo-sírová baterie, jenž je v současné době v provozu dosahuje kapacity 32 MWh při maximálním výkonu 4 MW. [23]

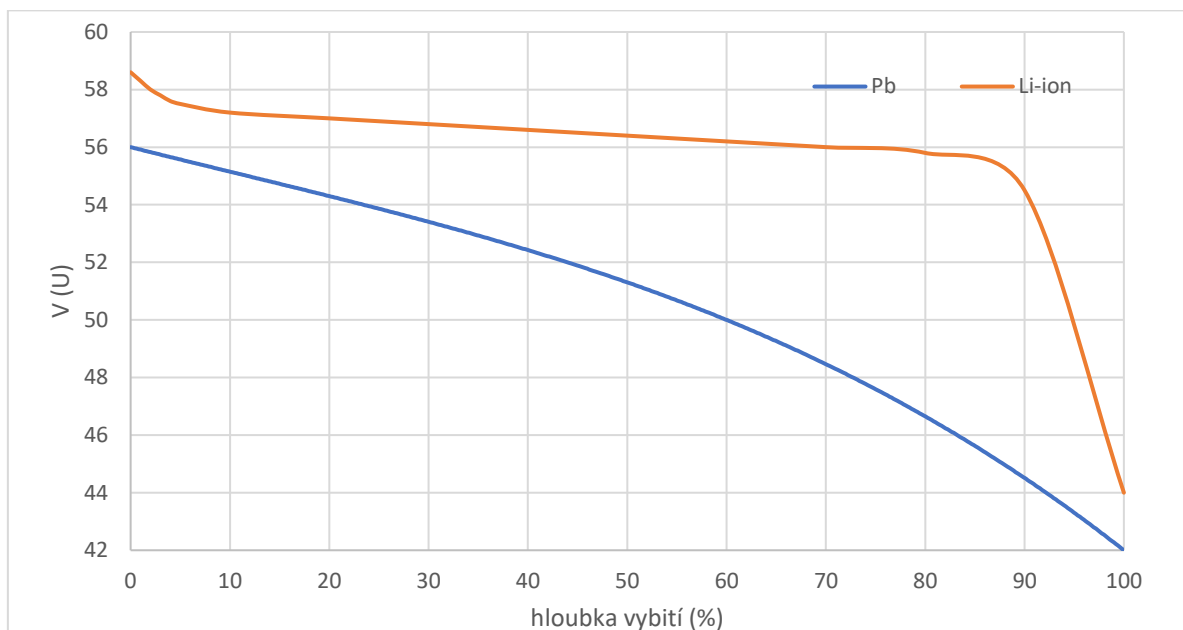
Ni-Cd

Niklo-kadmiové články se vyznačují dlouhou životností a spolehlivostí. Jako kladnou elektrodu využívají hydroxid nikelnatý a pro zápornou elektrodu hydroxid kadmnatý. Jako elektrolyt zde slouží vodný roztok hydroxidu draselného. Elektrolytem se pouze přenášejí ionty, během nabíjení a vybíjení tedy nedochází k chemickým změnám a ke znehodnocování. Projektovaná životnost je 20 let, ale díky vysokým teplotám dochází ke snižování této životnosti, jelikož jsou tyto články stejně jako Li-ion teplotně závislé. K samovybíjení dochází zpočátku rychle, pak se stabilizuje na přibližně 2 % za měsíc. [24]

Lithiové akumulátory

V současné době patří akumulátory založené na bázi lithia spolu s olovenými akumulátory k nejpoužívanějším typům akumulace elektrické energie v ostrovních systémech. Nejběžněji používanými typy akumulátorů na bázi lithia v ostrovních systémech jsou lithium-železo-fosfátové akumulátory (LiFePO₄). Akumulátory LiFePO₄ nabízejí 4-5 násobek nabíjecích cyklů a větší rozsah provozních teplot oproti jiným druhům Li-ion akumulátorů, s čímž souvisí vyšší bezpečnost. Nevýhodou bývá vyšší výrobní cena a typicky větší rozměry. Akumulátory na bázi lithia rovněž postupně nahrazují olovené akumulátory díky lepším provozním vlastnostem. Například LiFePO₄ dosahuje až desetinásobku nabíjecích cyklů oproti trakčním oloveným bateriím, jsou teplotně stabilnější, mají vyšší energetickou hustotu a nízké samovybíjení. LiFePO₄ akumulátory oproti oloveným akumulátorům nemají sice tak lineární vybíjecí křivku, ale poskytují téměř konstantní

napětí po většinu doby vybíjení. Výhodou olověných akumulátorů je hlavně nižší pořizovací cena, která se však z dlouhodobého hlediska vzhledem k životnosti nemusí vyplatit. [25, 26]



Obr. 9 Srovnání olověných a Li-ion akumulátorů [27]

Lithium-železo-fosfátové baterie jsou tedy typem Li-ion akumulátorů, které jako katodový materiál používají lithium-železo-fosfát. Lithium-iontové baterie neobsahují kovové lithium, obsahují pouze jeho ionty, které jsou implementovány do struktury jiných materiálů. Oxidy kovů tvoří katodu, anoda je tvořena grafitem. Jako elektrolyt může sloužit lithiová sůl. Li-ion baterie mají velmi vysoký poměr energetické hustoty ku hmotnosti, účinnost přesahuje i 90 %, články zvládají až tisíce vybíjecích a nabíjecích cyklů, jsou bezúdržbové a téměř netrpí samovybíjením.

Vodík

Vodíková technologie má pro ukládání energie vysoký potenciál do budoucna. Vodík zde slouží pouze jako nositel energie, ne jako palivo. Vyrábí se elektrolýzou, tedy průchodem stejnosměrného proudu vodou, který rozštěpí vazbu mezi vodíkem a kyslíkem a vzniká tedy samostatný vodík na katodě a kyslík na anodě. Plyn je následně zachycován a skladován, s čímž je spojen hlavní problém této technologie, a to skladování vodíku. Skladování je stále velmi problematické kvůli malým atomům vodíku, které jsou schopny unikat přes krystalické mřížky kovů a v případě úniků vysoká reaktivita se vzduchem. Vodík je možné skladovat v kapalně i plynné fázi. Dalším problémem může být zpětná přeměna vodíku na elektrickou energii. Ta probíhá v palivových článcích, které dosahují účinnosti 40 až 80 %. Celková účinnost systému přeměny elektřiny na vodík a zpět není příliš vysoká. Výhodou je ale absence pohyblivých částí a přívětivost k životnímu prostředí

Syntézní

Vodík lze využít i pro výrobu syntetického zemního plynu z oxidu uhličitého. Účinnost je pak dána výrobou vodíku, zemního plynu a následné přeměně zpět na elektrickou energii, ke které dochází spalováním plynu. [28]

2.2.2 Elektromagnetická akumulace

SMES – superconducting energy storage je systém akumulace energie v magnetickém poli v supravodivé cívce. Průchodem proudem se vytváří magnetické pole, které se indukcí mění zpět na elektrickou energii. Odporové ztráty jsou díky supravodivosti zanedbatelné, proto tento typ akumulace dosahuje velmi vysoké účinnosti, ovšem doba nabíjení i vybíjení je velmi krátká. Komerčně dostupné jsou úložiště s kapacitou jednotek MWh. [29]

2.2.3 Tepelná akumulace

Energii je možné uchovávat i přeměnou na teplo, případně na chlad. Jako médium můžou sloužit roztavené soli, kde se nejprve energie spotřebuje pro změnu skupenství soli a poté se získává zpět například pohonem turbíny.

Přebytečnou energii je možné uložit také do zkapalnění vzduchu, který se uchovává v nádržích a při potřebě výroby elektřiny se ohřívá a díky expanzi vytváří mechanickou energii k pohonu turbíny.

Na podobném principu pracují i tepelná čerpadla, kdy při přebytku energie je stlačován plyn, čímž se vytváří tepelný rozdíl mezi zásobníky. Při nedostatku funguje čerpadlo jako tepelný motor a při expanzi a ochlazování plynu se vyrábí elektrickou energii.

Tepelnou akumulaci lze také využít pro ohřev vody pro vytápění přebytečnou elektrickou nebo pro chlazení. U tohoto způsobu odpadají ztráty při přeměně energie zpět na elektrickou. [30]

2.2.4 Mechanická akumulace

Setrvačníky

Pomocí setrvačnicků lze uchovávat kinetickou energii díky rotaci těžkého kola nebo válce, jenž bývá rozpořhobován nejčastěji elektromotorem, který pak v generátorickém režimu převádí energii zpět na elektrickou. Výhodou takového systému je vysoká účinnost nad 80 %, velmi rychlá přeměna energie a vysoká životnost. Nevýhodou je už z principu přítomnost pohyblivých mechanických částí, tedy i rozměry a hlučnost a pouze limitovaný čas uchování energie. Energii je možné uchovat pouze v řádu minut, což znamená že setrvačníky jsou vhodné pouze tam, kde není potřeba dlouhodobější akumulace energie. [31]

Přečerpávací vodní elektrárny

Dalším typem mechanické akumulace je akumulace v přečerpávacích vodních elektrárnách. Tento typ akumulace je výhodný díky možnosti uchování velkého množství energie. PVE využívá dvě vodní nádrže-spodní a horní. V době nízké spotřeby se čerpá voda do horní nádrže, kde se s pomocí vody uchovává potenciální energie. V případě potřeby se voda převádí zpět do spodní nádrže přes čerpadla, která slouží jako generátory. Účinnost PVE bývá kolem 75 %. V ostrovních systémech samozřejmě využití PVE není většinou možné. [32]

Tlaková energie (CAES)

Compressed Air Energy Storage (CAES) je typ akumulace, který využívá k ukládání energie stlačený vzduch. Principiálně se tyto systémy podobají PVE, ale namísto čerpání vody se pumpuje vzduch do tlakových nádob či do podzemních úložišť. Uložený stlačený vzduch je pak použit pro pohon turbíny. Účinnost systému je přibližně 50%. Zajímavostí je možnost využití tepelné energie, která vzniká stlačováním vzduchu. [33]

2.2.5 Regulátory

Regulátory dobíjení jsou nedílnou součástí ostrovních systémů. Hlavním účelem regulátorů je ochrana zdrojové části, ochrana zátěže a optimalizace průběhu nabíjení a vybíjení.

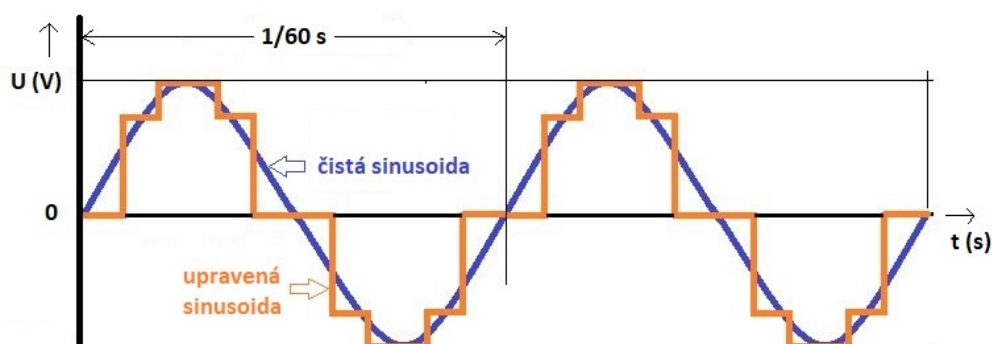
U větrné energie je problémem nepředvídatelný charakter větru. I v nejlepších geografických podmínkách se stálými relativně vysokými rychlostmi větru se vyskytují určité odchylky, které ovlivňují dodávanou energii. U velkých větrných elektráren je tato kompenzace zajištěna systémem, který automaticky natáčí turbínu do vhodného směru, natáčí listy rotoru a mění upravuje zpřevodování generátoru tak, aby bylo dosaženo požadovaného výstupu elektrické energie. Malé větrné elektrárny ovšem většinou nedisponují takhle sofistikovaným systémem, proto je třeba použít vhodný elektronický regulátor, který dokáže nejen zajistit pokud možno konstantní výstupní parametry, ale například i ochránit větrnou elektrárnu při přebytku dodávané energie připojením umělé zátěže. [58]

Regulátory fotovoltaických systémů mají za úkol hlídat napětí a řídit nabíjení akumulátoru a zabránit elektrickému proudu téci zpět do panelů když panely neprodukují elektrickou energii. Dříve se používaly regulátory na principu zapnuto/vypnuto, které používaly relé pro spínání obvodu, čímž se připojovaly nebo odpojovaly baterie. Dnešní regulátory pracují především na principu PWM a MPPT. PWM regulátory (Pulse Width Modulation) postupně snižují množství energie dodávané akumulátorům s jejich stavem blížícím se plnému nabití. Tento typ regulátoru dovoluje plné nabití s menším namáháním, čímž se prodlužuje životnost akumulátorů. Rovněž dokáží udržovat akumulátory ve stále nabitém stavu. PWM regulátory jsou tedy konstrukčně složitější, ale neobsahují žádné mechanické součásti. Nejběžnějším typem regulátorů jsou MPPT regulátory (Maximum Power Point Tracking). Velmi zjednodušeně MPPT regulátory dokáží přebytečné napětí přetransformovat na proud. U fotovoltaických systémů je to velkou výhodou jelikož většina akumulátorů pracuje na napětí 12 nebo 24V a fotovoltaické panely dodávají napětí mnohem vyšší než je potřebné k nabíjení. Přeměnou „přebytečného“ napětí na proud je možné dosáhnout optimální úrovně napětí, přičemž čas potřebný k plnému nabití je zkrácen. MPPT regulátory dovolují oproti PWM mnohem vyšší napětí na vedení mezi panely a regulátorem, díky čemuž je možné snížit ztráty. MPPT regulátory pracují na principu provozu v blízkosti vrcholu voltampérové charakteristiky, což vyžaduje variabilní zatížení v závislosti na intenzitě světla dopadajícího na panel a teploty okolí. Toho je docíleno algoritmem pro sledování vrcholu charakteristika, který pomáhá získat maximální možný výkon z panelu. Při kombinaci větrných elektráren a solárních panelů je možné využít buď samostatné regulátory pro každý typ zdroje nebo použít regulátor hybridní, který umožňuje připojení fotovoltaických i větrných elektráren. [34]

2.3 Část spotřeby

2.3.1 Měníče

Měníče nebo střídače jsou nadstavbou ostrovních systémů, které dovolují použití běžných 230V elektrospotřebičů v systému s obvykle nižším stejnosměrným napětím. Střídače se liší maximálním výkonem, který jsou schopny přeměnit, je tedy třeba je dimenzovat podle předpokládaného počtu připojených spotřebičů a je vždy potřeba počítat s určitou rezervou v řádu desítek procent. Střídače mohou pracovat s čistou nebo upravenou sinusoidou. Upravená sinusoida ve skutečnosti není sinusoida, ale periodicky se opakující složený čtvercový průběh. Výhodou těchto měničů je jejich jednoduchá konstrukce a s tím související nižší cena. Mezi nevýhody patří rušení při napájení určitých spotřebičů, neschopnost korektně pracovat s časovými obvody a zvýšené ztráty především u induktivní zátěže jako jsou transformátory a motory, které se díky upravené sinusoidě také více zahřívají. Účinnost připojených zařízení se upravenou sinusoidou často snižuje až na 70% běžné účinnosti. Pro induktivní zátěže je tedy vhodné použít měniče s čistou sinusoidou. Měníče s čistou sinusoidou dosahují účinnosti až 98% a kvalita sinusového průběhu dokáže být dokonce vyšší než je tomu u síťového průběhu, je to však vykoupeno složitější konstrukcí a s tím související vyšší cenou. [35]



Obr. 10 Příklad upravené sinusoidy [36]

2.3.2 Inteligentní elektroinstalace

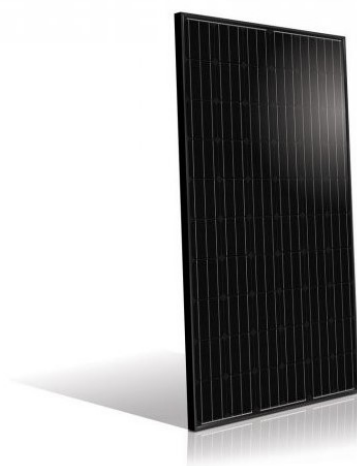
V ostrovních systémech je vhodné z důvodu úspory energie používat chytré spotřebiče nebo lze systém také pojmout jako celek. Takové systémy se běžně označují jako smart homes, intelligent houses, apod. Řízení spotřebičů může probíhat například pomocí inteligentní elektroinstalace. Součástí takové instalace jsou PLC, které jsou schopny řídit například osvětlení, vytápění, zavlažování, zabezpečovací systém apod. Hlavními zástupci těchto systémů jsou firmy KNX a iNELS. Firma KNX nabízí decentralizovaný systém s autonomními zařízeními připojenými pomocí sběrnice. Firma iNELS naopak využívá centralizovaný systém. Oproti decentralizovanému systému je výhodou nižší cena, nicméně v případě poruchy centrální jednotky dochází k výpadku celého systému. Další nevýhodou je možné skončení podpory jelikož systémy iNELS vyrábí pouze jeden výrobce. Inteligentní systémy dokáží šetřit energii například řízením teploty v jednotlivých místnostech, kdy je teplota udržována pouze v místnostech, které jsou zrovna používány a je možné pracovat i s předpovědí počasí a podle toho automaticky upravovat teplotu. Podobný systém je možné použít například i u osvětlení. [37]

3 Analýza trhu fotovoltaických systémů

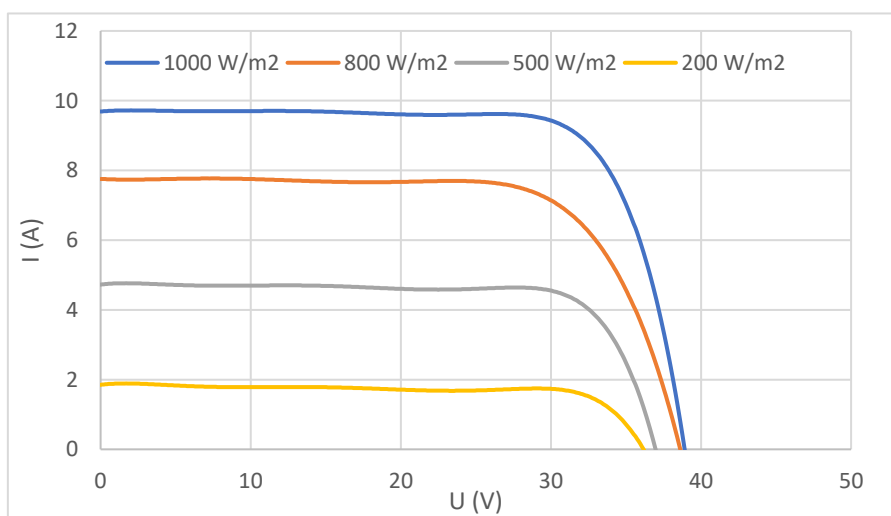
Prodejem a montáží fotovoltaických systémů se v dnešní době zabývá již velké množství firem. Některé firmy však nabízejí i systémy, které je možné zabudovat přímo do konstrukcí budov - například do fasád, střech nebo jako zábradlí balkonů a tím maximálně využít volnou plochu. Tyto systémy se nazývají Building Integrated Photovoltaics, zkráceně BIPV.

BENQ PM060MB2

Panel s označením PM060MB2 od společnosti BenQ vyvinutý ve spolupráci s firmami Sunvivo a AUO je monokrystalický fotovoltaický panel s nominálním výkonem 300Wp. Jedná se o univerzální rámovou konstrukci, takže panel je možné umístit na nosné konstrukce na střechy budov nebo samostatně v prostoru.



Obr. 11 Panel PM060MB2 [38]



Obr. 12 V-A charakteristika panelu PM060MB2 [38]

Tab. 1 Parametry panelu PM060MB2 [38]

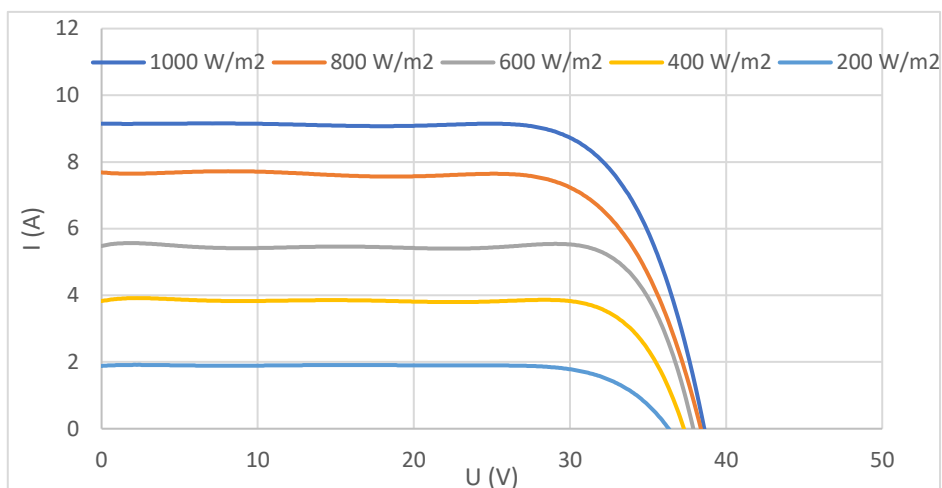
Typ	PM060MB2
nominální výkon	300 Wp
jmenovité napětí	32,7 V
maximální proud	9,18 A
napětí naprázdno	39,9 V
proud nakrátko	9,8 A
maximální systémové napětí	1000 V
garance výkonu	lineární degradace do 80 % za 25 let
výška	1640 mm
šířka	992 mm
hloubka	40 mm
hmotnost	19 kg
účinnost	18,40 %
nominální provozní teplota	46 °C
technologie	monokrystalické
Montáž	univerzální
Cena s DPH	3 622,78 Kč

Trinasolar TSM-PD05

Solární panel řady Honey od výrobce Trinasolar je polykrystalický panel s univerzální montážní konstrukcí. Panel nabízí nominální výkon 275 Wp.



Obr. 13 Panel TSM-PD05 [39]



Obr. 14 V-A charakteristika panelu TSM-PD05 [39]

Tab. 2 Parametry panelu TSM-PD05 [40]

Typ	TSM-PD05
nominální výkon	275 Wp
jmenovité napětí	31,1 V
maximální proud	8,84 A
napětí naprázdno	38,5 V
proud nakrátko	9,25 A
maximální systémové napětí	1000 V
garance výkonu	lineární degradace do 80% za 25 let
výška	1650 mm
šířka	992 mm
hloubka	35 mm
hmotnost	19 kg
účinnost	16,80 %
nominální provozní teplota	44 °C
technologie	polykrystalické
Montáž	univerzální
Cena s DPH	2 515,70 Kč

Avancis SKALA

Amorfnní panely SKALA od německého výrobce Avancis jsou určeny především pro montáž na stěny budov. U těchto panelů je kladen důraz na estetiku, proto jsou panely bezrámové, homogenní a v dostání v mnoha barevných variantách. Výrobce nabízí možnost přizpůsobení výšky panelu od 1587 mm do 664 mm, přičemž panel lze namontovat horizontálně i vertikálně. Firma nabízí jak samostatné panely, tak i konzultaci a management partnera pro realizaci. [41, 42]



Obr. 15 Příklad montáže panelu SKALA [42]

Tab. 3 Parametry panelu SKALA[42]

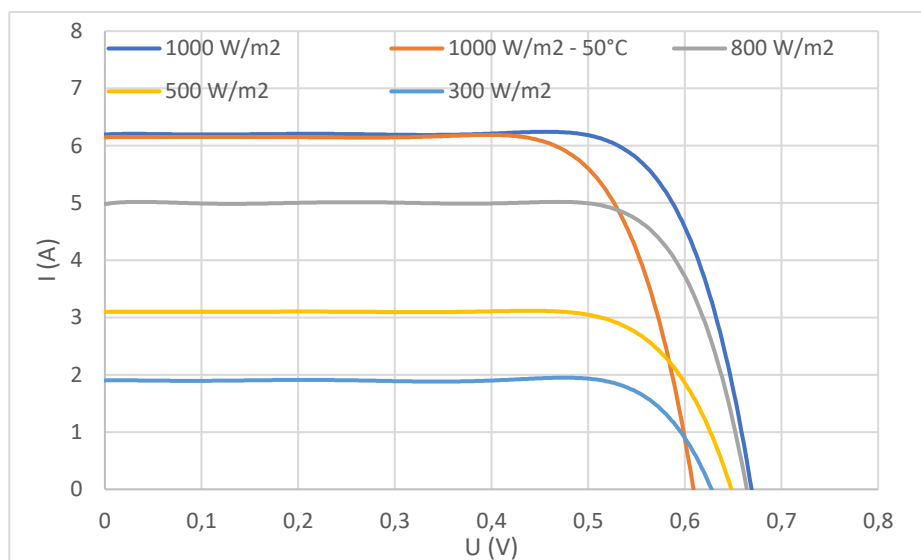
Typ	SKALA
nominální výkon	140 Wp
jmenovité napětí	61,9 V
maximální proud	2,26 A
napětí naprázdno	79,5 V
proud nakrátko	2,51 A
maximální systémové napětí	1000 V
výška	1587 mm
šířka	664 mm
hloubka	38 mm
hmotnost	17 kg
účinnost	13,30 %
nominální provozní teplota	40 °C
technologie	tenkovrstvé (CIGS)
Montáž	fasády, střechy
Cena	individuální

Solargaps Blinds

Žaluzie s fotovoltaickými články od firmy Solargaps nabízejí elektrické využití plochy oken a zároveň fungují jako klasické žaluzie. Žaluzie je možné pořídit v pěti barevných variantách. Systém je připojen do elektrické sítě pomocí měniče. V žaluziích jsou použity monokrystalické články SunPower C60 s 22,4% účinností. Jednotlivé panely se automaticky natáčejí do optimálního úhlu pro stínění s co možná největší účinností. Žaluzie je také možné ovládat pomocí mobilní aplikace. [43]



Obr. 16 Žaluzie Solargaps Blinds[43]



Obr. 17 V-A charakteristika žaluzií [43]

Tab. 4 Parametry žaluzií Solargaps Blinds [43]

Typ	SolarGaps Blinds
nominální výkon	100 W/m ²
garance výkonu	25 let
výška	85-260 cm
šířka	85-400 cm
účinnost	22,40 %
provozní teplota	-20 °C – 60 °C
technologie	monokrystalické
Montáž	žaluzie
Cena	individuální

Lindab SolarRoof

Systém Lindab SolarRoof kombinuje plechové falcované střechy s integrovanými solárními panely. Panely tedy nevystupují z povrchu krytiny a neruší tak vizuální dojem. V tomto systému jsou využívány články typu CIGS ve formě tenké fólie, které jsou ke krytině lepeny přímo ve výrobě. Výstup panelů je řízeny měničem s optimizérem, který kontroluje jednotlivé panely. To znamená, že je každý panel ovládán individuálně a v případě zastínění jednoho panelu tak není ovlivněna účinnost celého systému. Výrobce nabízí i aplikaci pro sledování výroby elektřiny v reálném čase. [45]



Obr. 18 Příklad montáže SolarRoof [45]

Tab. 5 Parametry střechy SolarRoof [45]

Typ	Lindab Solar Roof
nominální výkon	95 W/m ²
garance výkonu	25 let
výška	3100 mm
hloubka	2 mm
účinnost	22,60 %
technologie	tenkovrstvé, CIGS
Montáž	střecha
Cena s DPH	5 007,00 Kč

SolteQ Quad40

Solární tašky Quad40 od Německého výrobce SolteQ jsou alternativou ke klasickým solárním panelům. Oproti klasickým panelům nenarušují vzhled budovy a nabízejí mnohdy účinnější využití plochy. Výrobce tyto tašky nabízí v mnoha barevných variantách a zároveň je možné tašky pokládat dle různých šindelových šablon. Nevýhodou těchto tašek může být použití monokrystalických článků, takže pro nejlepší možnou účinnost je třeba dodržet správný sklon střechy a disponovat vhodnou orientací stavby. [46]



Obr. 19 Příklad montáže tašek Quad40 [46]

Tab. 6 Parametry tašek Quad40[46, 47]

Typ	SolteQ Quad40
nominální výkon	154 Wp /m ²
jmenovité napětí	4,7 V
maximální proud	8,75 A
napětí naprázdno	5,6 V
proud nakrátko	9 A
maximální systémové napětí	1000 V
garance výkonu	85 % nominálního výkonu po dobu 25 let
výška	156 mm
šířka	156 mm
hloubka	4 mm
hmotnost	14 kg/m ²
účinnost	až 20 %
nominální provozní teplota	25 °C
technologie	monokrystalické
Montáž	střecha
Cena s DPH	od 10 000 Kč/m ²

Liberta Solar Facade

Liberta Solar Facade od firmy Ruukki je plně integrovatelný systém solárního fasádního pláště kompatibilní se systémem skleněných kazetových obkladů firmy Ruukki. Panely jsou obvykle výrobcem dodávány i s měničem.



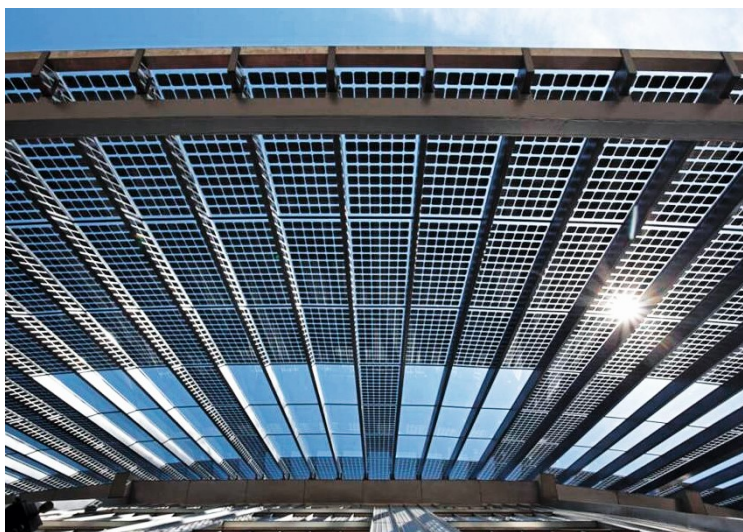
Obr. 20 Panel Solar Facade [48]

Tab. 7 Parametry fasády Solar Facade [48]

Typ	Liberta Solar Facade
nominální výkon	140 Wp/m ²
garance výkonu	25 let
výška	1198 mm
šířka	798 mm
hloubka	39 mm
hmotnost	<25 kg/m ³
účinnost	22,60 %
technologie	tenkovrstvé CIGS
Montáž	na stěnu

Schüco BIPV

Německá společnost Schüco nabízí kompletní řešení integrovaných fotovoltaických systémů na míru. Tyto systémy se dají použít na fasády, balkóny nebo jako stínění díky částečně transparentním solárním panelům. Řešení na míru danému projektu rovněž umožňuje použití jak monokrystalických, tak polykrystalických článků. Fasády je možné konstruovat jako izolované nebo větrané s vlastnostmi odpovídající požadavkům klienta, jako je například odhlučnění nebo stínění. Společnost nabízí systém i jako celek s měniči. [49]



Obr. 21 Příklad montáže Schüco BIPV na střechu [50]



Obr. 22 Příklad montáže Schüco BIPV na stěnu [50]

Tab. 8 Parametry BIPV systému od firmy Schüco [49]

Typ	Schueco BIPV
nominální výkon	110-140 Wp/m ²
garance výkonu	10 let pro pokles výkonu na 90 %
výška	200 - 2200 mm
šířka	300 – 5000 mm
hloubka	záleží na konstrukci
účinnost	18,00 %
technologie	monokrystalické/polykrystalické
Montáž	stříšky, balkony, fasády
Cena	individuální

AGC SunEwat

SunEwat je škála výrobků AGC zaměřená na výrobu elektrické energie. Panely se skládají z fotovoltaických článků zabudovanými mezi dvě tabule vrstveného bezpečnostního skla. Tento systém je možné využít u fasád, markýz, slunečních zástěn, zábradlí, žaluzií, parapetů apod. Moduly jsou vyráběny na zakázku, aby dokázaly pokrýt konkrétní potřeby jednotlivých projektů. Dále je možné volit propustnost světla koncentrací fotovoltaických článků v panelu. Elektrické vlastnosti produktu jsou pro každý projekt individuální a závisí na výše jmenovaných parametrech. Tabulka níže uvádí příklad elektrického výkonu produktu. [51]



Obr. 23 Příklad montáže SunEwat na stěnu [52]



Obr. 24 Příklad montáže SunEwat na střechu [52]

Tab. 9 Parametry systému SunEwat [51]

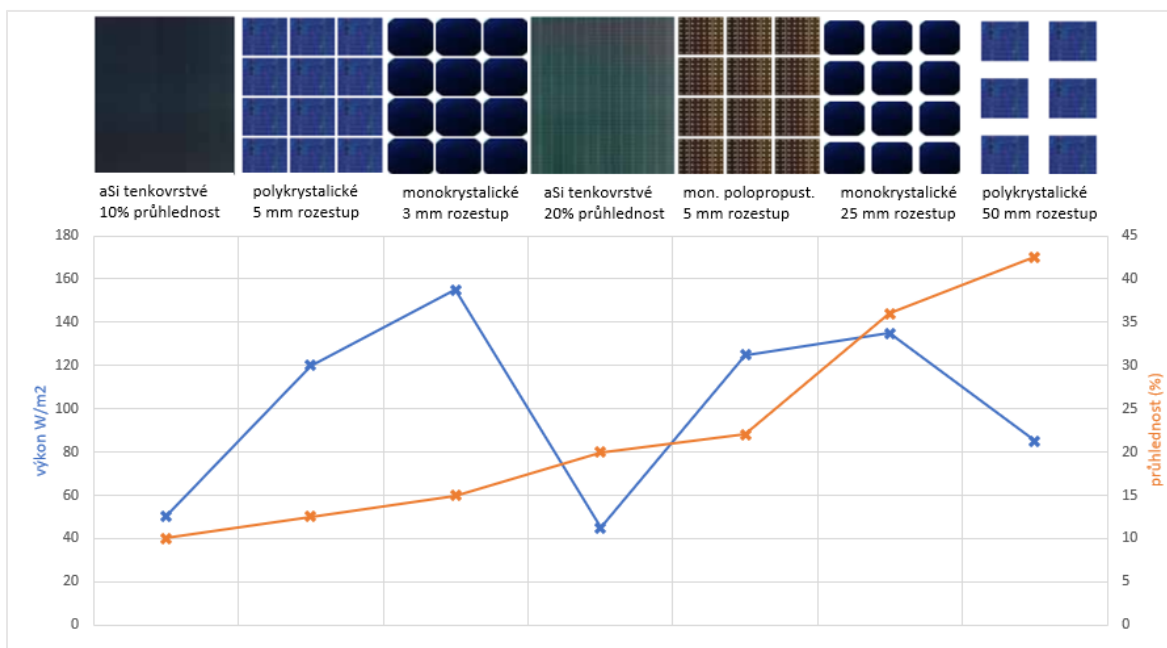
Typ	AGC SunEwat
nominální výkon	633 Wp
jmenovité napětí	78,2 V
proud při provozním napětí	8,1 A
napětí naprázdno	93,31 V
proud nakrátko	9,31 A
maximální systémové napětí	1000 VDC
garance výkonu	10 let
výška	2000 mm
šířka	2000 mm
počet článků	144 (12 x 12)
hmotnost	120 kg
účinnost	20,00 %
technologie	monokrystalické/polykrystalické
Montáž	fasády, střechy
Cena	individuální

Sapa Solar BIPV

Fotovoltaické systémy od společnosti Sapa poskytují architektům a konstruktérům BIPV systémy na míru. V závislosti na konkrétním projektu a na požadavcích zákazníka lze zvolit z různých typů monokrystalických nebo polykrystalických článků s různou hustotou rozložení jednotlivých článků v panelu. U tenkovrstvých panelů lze pracovat i s průhledností. Od těchto požadavků se také odvíjejí elektrické vlastnosti. Firma poskytuje vypracování studie, dodání veškerého materiálu, modulů a elektroniky a odbornou montáž a management. [53]



Obr. 25 Příklad montáže systému Sapa Solar [53]



Obr. 26 Srovnání výkonu systému Sapa Solar při použití různých typů článků [54]

Tab. 10 Parametry BIPV systému firmy Sapa Solar [54]

Typ	Sapa Solar BIPV
nominální výkon	40-120 Wp/m ²
výška	až 5,1 m
šířka	až 2,4 m
účinnost	4-22 %
technologie	monokrystalické/polykrystalické/tenkovrstvé
Montáž	fasády, střechy
Cena	individuální

4 Analýza trhu malých větrných elektráren

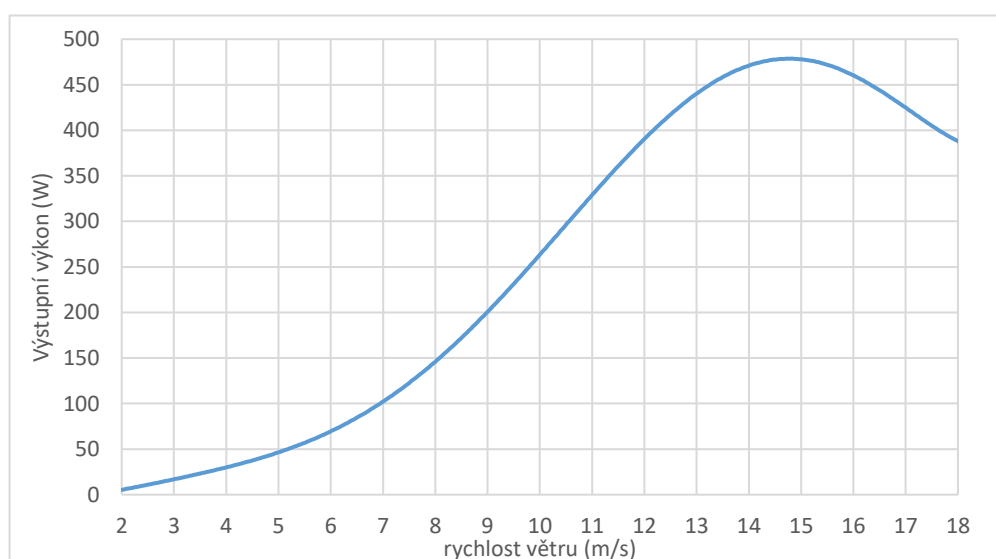
Na trhu působí spousta výrobců či prodejců větrných elektráren, kde spousta z nich nabízí zároveň i montáž celého ostrovního systému, kde se zákazníkem projedná i typ měniče, způsob akumulace a další aspekty. Nabídka těchto firem pokrývá nejen malé, ale i střední a velké větrné elektrárny.

Větrná turbína VE05-400

Větrná turbína VE05 je vzhledem ke svým rozměrům vhodná i k umístění na střechy budov, ale i na samostatně stojící stožár. Turbína má zabudovaný mikroprocesor, který kontroluje vnitřní výkon. Generátor zde tvoří 3f bezkartáčový alternátor s permanentními magnety. [55]



Obr. 27 Elektrárna VE05-400 [55]



Obr. 28 Větrná křivka elektrárny VE05-400 [55]

Tab. 11 Parametry větrné elektrárny VE05-400 [55]

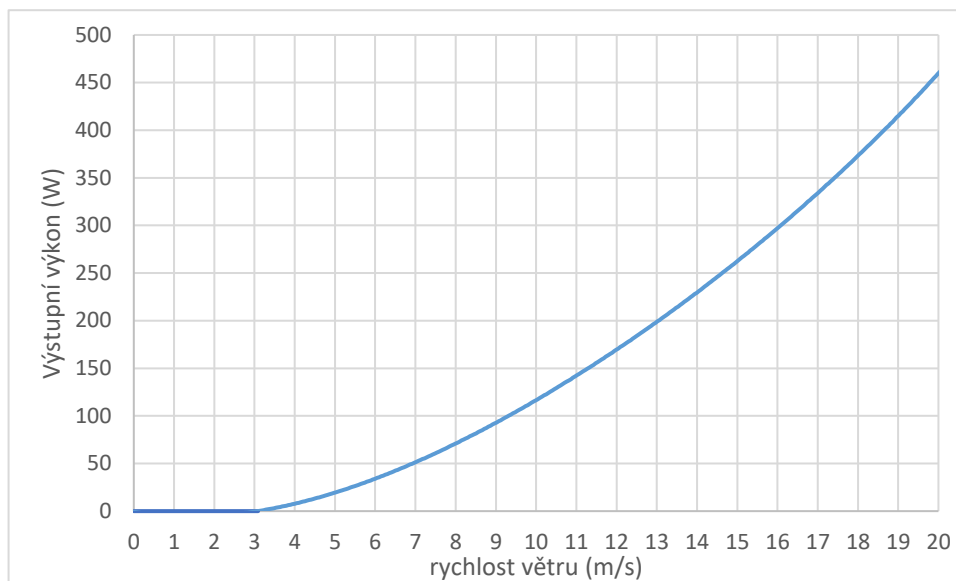
Typ	VE05
Jmenovitý výkon	400 W
Jmenovitá rychlost větru	10 m/s
Rozběhová rychlost	2 m/s
Maximální rychlost větru	50 m/s
Průměr rotoru	1,55 m
Plocha lopatek	1,89 m ²
Výstupní napětí	12 V DC
Systém ochrany	elektromagnetická aerodynamická brzda
Generátor	3-f synchronní s permanentními magnety
Hmotnost	25 kg
Montáž	horizontální
Cena s DPH	42 989 Kč

Rutland 914i

Větrné elektrárny Rutland od společnosti Marlec sídlící ve Velké Británii jsou vhodné jak pro námořní aplikace, karavany, monitorovací stanice, tak pro využití u ostrovních domů. Generátorem u těchto elektráren je opět 3f alternátorem s permanentními magnety. Elektrárna se vyrábí ve variantách pro 12 V nebo 24 V stejnosměrného napětí.[56]



Obr. 29 Elektrárna 914i [56]



Obr. 30 Větrná křivka elektrárny 914i [57]

Tab. 12 Parametry větrné elektrárny 914i [56]

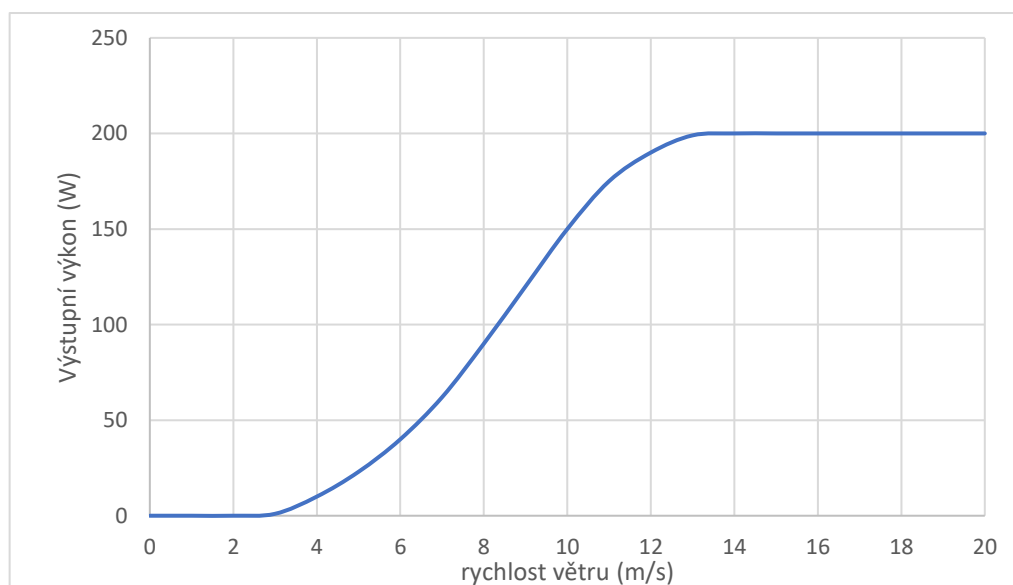
Typ	Rutland 914i
Jmenovitý výkon	143 W
Jmenovitá rychlost větru	11 m/s
Rozběhová rychlost	3 m/s
Průměr rotoru	0,91 m
Výstupní napětí	12/24V DC
Systém ochrany	elektronická ochrana
Generátor	3-f s permanentními magnety
Hmotnost	11,58 kg
Montáž	horizontální
Cena s DPH	23 899 Kč

Větrná turbína JPS-200

Větrné turbíny JPS-200 mohou díky své modulární konstrukci fungovat samostatně, nebo je možné sestavení do kaskády, kde fungují jako větrná stěna, díky čemuž je maximálně využit dostupný prostor pro výrobu elektrické energie. Tyto turbíny disponují automatickým přizpůsobením směru větru, v kaskádní konstrukci je však vhodné je instalovat podle ročních povětrnostních vlivů dané lokality kvůli účinnosti. [58]



Obr. 31 Modulární větrná Elektrárna JPS-200 [58]



Obr. 32 Větrná křivka elektrárny JPS-200 [59]

Tab. 13 Parametry větrné elektrárny JPS-200 [59]

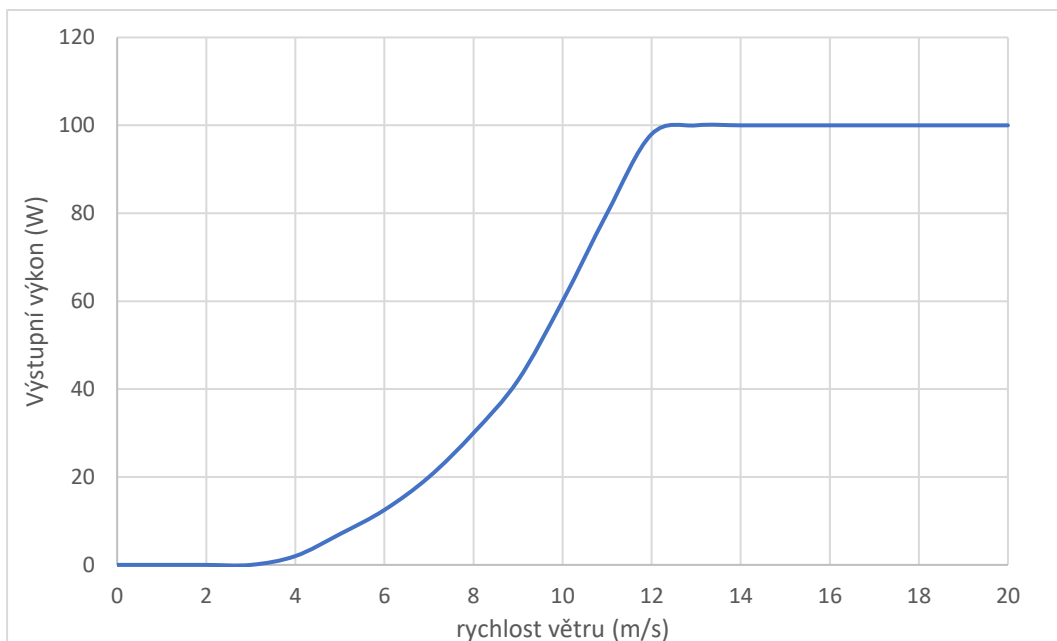
Typ	JPS-200
Jmenovitý výkon	200 W
Jmenovitá rychlost větru	12 m/s
Rozběhová rychlost	3 m/s
Maximální rychlost větru	20 m/s
Průměr rotoru	0,68 m
Výstupní napětí	12 V DC
Systém ochrany	elektronická brzda
Generátor	3-f synchronní s permanentními magnety
Hmotnost	10 kg
Montáž	horizontální, samostatně/větrná stěna
Cena s DPH	15 125 Kč

JPT-100

Větrná turbína JPT-100 od výrobce Jetpro Technology, inc. vyniká svými kompaktními rozměry a nízkou váhou, díky čemuž ji je možné použít u budov s omezeným prostorem pro umístění elektrárny nebo například na sloupy veřejného osvětlení. Tyto elektrárny je rovněž možné stavět do kaskády s pomocí speciálního rámu podobně jako JPS-200.



Obr. 33 Elektrárna JPT-100 [60]



Obr. 34 Větrná křivka elektrárny JPT-100 [61]

Tab. 14 Parametry větrné elektrárny JPT-100 [61]

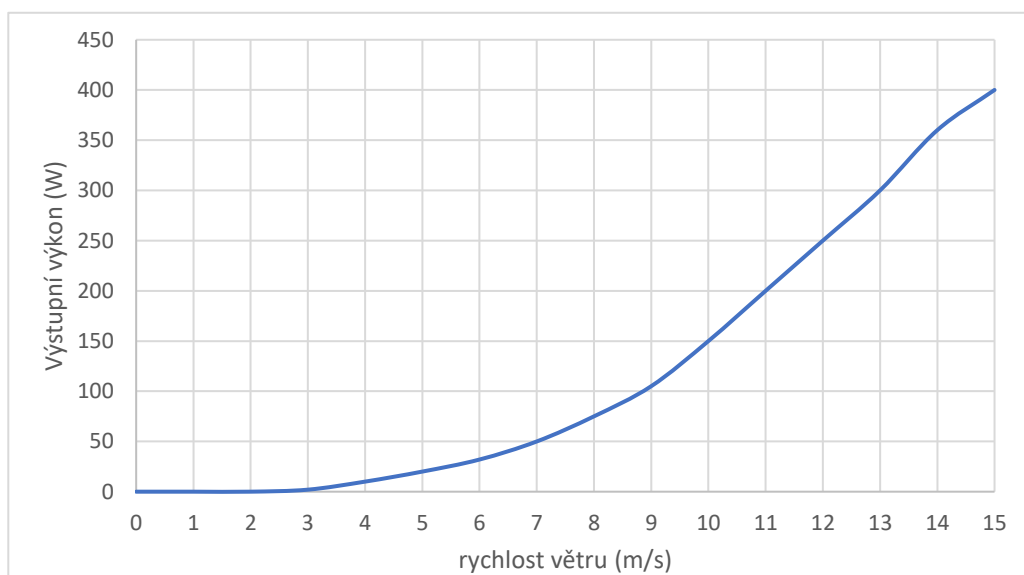
Typ	JPT-100
Jmenovitý výkon	100 W
Jmenovitá rychlost větru	12 m/s
Rozběhová rychlost	3 m/s
Maximální rychlost větru	20 m/s
Průměr rotoru	0,68 m
Výstupní napětí	12 V DC
Systém ochrany	elektrická brzda
Generátor	3-f synchronní s permanentními magnety
Hmotnost	6 kg
Montáž	horizontální

Hi-VAWT DS300

Vertikální větrná elektrárna DS300 s hybridním designem kombinuje princip odporového a vztakového větrného motoru. Střed rotoru je tvořen Savoniovým motorem, okolo nějž jsou umístěny tři listy typu Darrieus. Umístění je možné na střechy budov i na samostatně stojící sloupy. Je dodávána s regulátorem na 12 nebo 24 V stejnosměrného napětí. [62]



Obr. 35 Elektrárna DS300 [63]



Obr. 36 Větrná křivka elektrárny DS300 [64]

Tab. 15 Parametry větrné elektrárny DS300 [62]

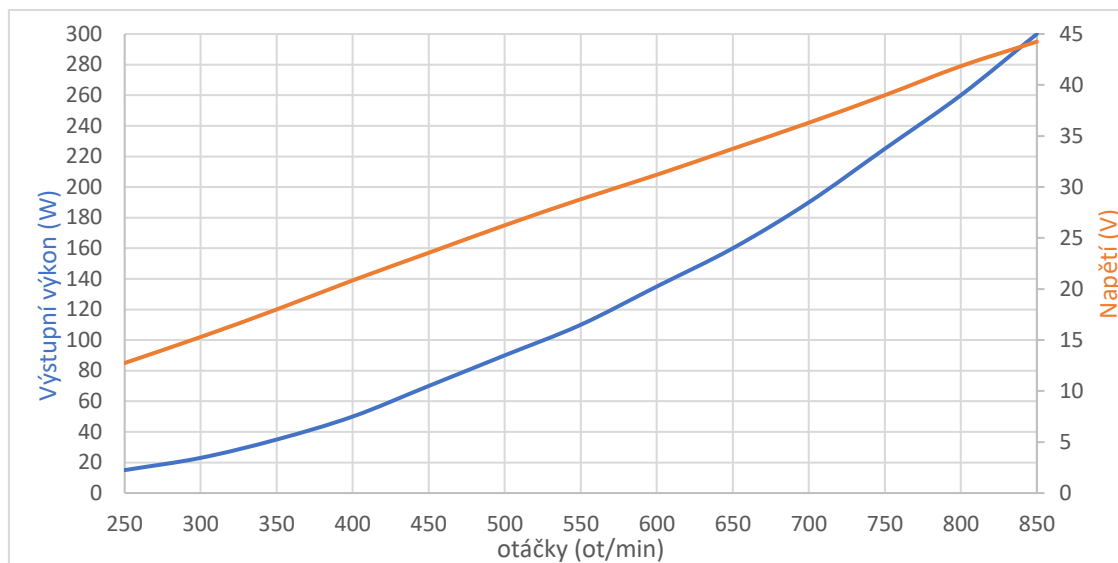
Typ	DS300
Jmenovitý výkon	300 W
Jmenovitá rychlost větru	13,5 m/s
Rozběhová rychlost	<3 m/s
Maximální rychlost větru	60 m/s
Průměr rotoru	1,06 m
Výstupní napětí	12 V / 24V
Systém ochrany	krátký okruh
Generátor	3-f synchronní
Hmotnost	26 kg
Montáž	vertikální
Cena s DPH	62 726 Kč

New World Wind Windtree

Windtree je systém soustavy malých vertikálních turbín zvaných Aeroleaf umístěných na kmeni. Každá turbína se skládá ze synchronního generátoru s permanentními magnety. Systém Windtree je dostupný buď jako již hotový produkt nebo lze navrhnout vlastní systém založený na této konstrukci s individuálními rozměry a počtem turbín. Společnost New World Wind dále nabízí podobný produkt zvaný Windbush, který, jak název napovídá, pracuje s menší konstrukcí podobající se keři. [65]



Obr. 37 New World Wind Windtree[66]



Obr. 38 Závislost výstupního výkonu a napětí na otáčkách rotoru Windtree [65]

Tab. 16 Parametry větrné elektrárny Windtree [65]

Typ	New World Wind Windtree
Jmenovitý výkon	5868 W (163 W / modul)
Jmenovitá rychlost větru	18 m/s
Rozběhová rychlost	2,5 m/s
Maximální rychlost větru	43 m/s
Výstupní napětí	48V DC
Generátor	synchronní generátor s permanentními magnety
Hmotnost	3590 kg
Montáž	horizontální
Cena s DPH	od 1 358 000 Kč

5 Přehledové tabulky

V této části jsou uvedeny tabulky podstatných parametrů, na jejichž základě je možné porovnat jednotlivé produkty. V první části je rovněž uvedena tabulka klasických panelů pro porovnání s BIPV řešeními.

Tab. 17 Přehledová tabulka FVE – klasické panely

Typ	PM060MB2	TSM-PD05	PowerMax 4.0
výkon / plocha (Wp/m ²)	184,39	167,99	132,83
Účinnost (%)	18,40	16,80	13,30
plocha jednoho kusu (m ²)	1,627	1,637	1,054

Tab. 18 Přehledová tabulka FVE - BIPV

Typ	SolarGaps Blinds	Lindab Solar Roof	SolteQ Quad40	Liberta Solar Facade	Schueco BIPV	AGC SunEwat	Sapa Solar BIPV	SKALA
výkon / plocha (Wp/m ²)	100	95	154	140	110-140	158,25	40-120	132,83
účinnost (%)	22,40	22,60	až 20	22,60	18,00	20,00	4-22	13,30
plocha jednoho kusu (m ²)	0,723 - 10,4	závislé na velikosti střechy	0,024	0,956	0,06 - 11	4	až 12,24	1,054

Z přehledové tabulky BIPV systémů vyplývá, že největší výkon na metr čtvereční dokáží dodat panely SunEwat od výrobce AGC. Je však nutné brát v úvahu i další aspekty, jako požadavky investora na propustnost světla, tvar a umístění na budově. Jelikož výrobce nabízí tyto panely pouze s monokrystalickými a polykrystalickými články, je možné, že v určitých situacích nedokáží dodat takový výkon, jako tenkovrstvé panely. Nejvhodnější alternativou z hlediska výkonu by se v takové situaci mohly jevit panely Solar Facade, u kterých ale výrobce nenabízí takovou variabilitu provedení a které je možné použít pouze v instalaci na fasádu budovy. Nejlepší řešení z hlediska variability nabízí výrobce Sapa Solar, kdy je možné zvolit technologii, tvar, rozložení a průhlednost, může to však být vykoupeno nižším výkonem. Ze systémů pro střešní instalaci vycházejí z hlediska výkonu lépe fotovoltaické tašky výrobce SolteQ. Je však nutné opět brát v úvahu konstrukční omezení tohoto řešení, jako je například nutnost dodržet minimální sklon střechy pro správný odvod dešťové vody jako je tomu u klasických tašek. V tabulce není uvedena orientační cena produktů, jelikož cena BIPV systémů je individuální a závisí na mnoha faktorech, především na požadavcích investora a konkrétním projektu a není ji tudíž možné obecně uvést. Při porovnání obou tabulek je patrné, že BIPV řešení nedokáží dodat na metr čtvereční stejný výkon jako klasické panely. Pokud ale vezmeme v úvahu všechny faktory jako je efektivnější využití dostupné plochy, může BIPV v konečném řešení vycházet lépe.

Tab. 19 Přehledová tabulka VE

Typ	VE05-400	Rutland 914i	JPS-200	JPT-100	DS300	New World Wind Windtree
Jmenovitý výkon (W)	400	143	200	100	300	5868 (163 / modul)
Jmenovitá rychlost větru (m/s)	10	11	12	12	13,5	18
Rozběhová rychlost (m/s)	2	3	3	3	<3	2,5
Maximální rychlost větru (m/s)	50	20	20	20	60	43
Průměr rotoru (m)	1,55	0,91	0,68	0,68	1,06	neuvedeno
Cena s DPH (Kč)	42 989	23 899	15 125	15 125	62 726	od 1 358 000

Z přehledové tabulky VE parametry nejlépe vychází elektrárna VE05-400 s nejvyšším jmenovitým výkonem a nejnižší rozběhovou rychlostí. Tyto vlastnosti jsou však vykoupeny největším průměrem rotoru a většími požadavky na prostor. Potom z hlediska výkonu vychází nejlépe elektrárna DS300, která konstrukčně kombinuje Savoniovu a Darrierovu turbínu. Nevýhodou této VE je vyšší cena. Dalším zajímavým řešením může být použití tzv. větrné stěny. Toto řešení nabízejí elektrárny JPS-200 a JPT-100. Elektrárna JPS-200 nabízí díky své konstrukci oproti JPT-100 větší variabilitu a efektivnější využití prostoru. Posledním pozoruhodným systémem je elektrárna Windtree od společnosti New World Wind. Tato elektrárna se konstrukcí výrazně liší od všech ostatních VE, nabízí však vysoký instalovaný výkon díky efektivnímu využití prostoru.

6 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo popsat komponenty ostrovních systémů a provést průzkum trhu v oblasti malých větrných elektráren a fotovoltaických elektráren, přičemž jsem se zaměřil především na prvky integrovatelné do konstrukcí budov.

Ostrovní systém a jeho součásti jsou teoreticky popsány v první části práce. Ostrovní systém je zde rozdělen do tří částí: část výroby, akumulace a spotřeby. Každá z těchto částí je rozdělena dle typu, dále dle technologie a je zde popsán princip a výhody a nevýhody dané technologie. Je zde zmíněn i potenciál pro solární a větrnou energetiku.

Hlavní částí práce tvoří pak průzkum trhu. V první části průzkumu jsou vypsány fotovoltaické elektrárny. Jelikož v dnešní době klasické panely nabízí již spousta prodejců, jsou zde zařazeny pouze tři takové panely, každý založený na rozdílné technologii pro porovnání s dalšími, méně tradičními řešeními. Z průzkumu vyplývá, že v současnosti je mnohem větší možnost variability a výrobci nabízejí panely vytvořené na míru zákazníkovi, kde berou v potaz požadovanou technologii, vzhled, tvar a výkon. Díky tomu také spousta výrobců nabízí BIPV systémy, které by jinak z klasických panelů nebylo snadné zkonstruovat. Z důvodu této variability je však obtížné získat k jednotlivým řešením veškeré informace, neboť právě třeba technické parametry nebo cena se u těchto řešení na míru odvíjejí od konkrétních požadavků a nelze je obecně stanovit. Z průzkumu rovněž vyplývá, že není možné jednoznačně určit vhodný typ panelu pouhým porovnáním parametrů, a to právě z důvodů zmíněné variability, kde je potřeba při výběru vzít v úvahu více faktorů.

U větrných elektráren je nabídka produktů vhodných k integraci omezenější, jelikož většina prodejců se zaměřuje na větrné elektrárny klasických konstrukcí. Větrné elektrárny s možností alespoň částečné integrace do stavebních konstrukcí nabízí v současnosti pouze jeden výrobce, což může být způsobeno problematikou takového řešení, kdy není snadné zajistit dostatečné proudění vzduchu v blízkosti budov a dalších objektů. Prozatím jediným komerčně dostupným řešením jsou větrné stěny, které jsou ale opět omezeny požadavkem na dostatečné proudění vzduchu a je proto vhodné s tímto řešením počítat už při návrhu samotné budovy. Dalším řešením může být využití prostoru okolo budovy, s čímž počítá například výrobce New World Wind, kde je ale opět nutné počítat s omezeními kvůli okolní zástavbě. Z těchto důvodů v oblasti mikrovětrných elektráren je stále často vhodné využívat elektráren klasických konstrukcí.

Se stále se zvětšujícím důrazem na energetické požadavky budov však mají taková řešení, zvláště u ostrovních systémů, budoucnost a je zde stále prostor pro budoucí vývoj.

7 Seznam použitých zkratk:

3-f.....	třífázový
A.....	ampér
AV.....	akademie věd
BIPV.....	Building Integrated Photovoltaics (fotovoltaika integrovaná do budovy)
ČR.....	Česká republika
eV.....	elektronvolt
FVE.....	fotovoltaická elektrárna
HAWT.....	Horizontal Axis Wind Turbine (větrná turbína s horizontální osou)
kg.....	kilogram
m.....	metr
m ²	metr čtvereční
MPPT.....	Maximum Power Point Tracking (sledování bodu maximálního výkonu)
nm.....	nanometr
PLC.....	Programmable Logic Controller (programovatelný logický automat)
PVE.....	přečerpávací vodní elektrárna
PWM.....	Pulse Width Modulation (pulzně šířková modulace)
TUV.....	teplá užitková voda
V.....	volt
VAWT.....	Vertical Axis Wind Turbine (větrná turbína s vertikální osou)
VE.....	větrná elektrárna
W.....	watt
Wh.....	watthodina
Wp.....	wattpeak

8 Seznam obrázků:

Obr.1 Schéma ostrovního systému s akumulací.....	2
Obr. 2 Princip fotočlánku.....	3
Obr. 3 Typy solárních panelů.....	4
Obr. 4 Roční průměrný úhrn slunečního záření W/m^2	5
Obr. 5 Konstrukce větrné elektrárny.....	6
Obr. 6 Typy rotorů větrných elektráren.....	7
Obr. 7 Větrná mapa pro malé větrné elektrárny (10m nad povrchem).....	8
Obr. 8 Životnost a účinnost různých typů akumulace.....	9
Obr. 9 Srovnání olověných a Li-ion akumulátorů.....	11
Obr. 10 Příklad upravené sinusoidy.....	14
Obr. 11 Panel PM060MB2.....	15
Obr. 12 V-A charakteristika panelu PM060MB2.....	15
Obr. 13 Panel TSM-PD05.....	16
Obr. 14 V-A charakteristika panelu TSM-PD05.....	17
Obr. 15 Příklad montáže panelu SKALA.....	18
Obr. 16 Žaluzie Solargaps Blinds.....	19
Obr. 17 V-A charakteristika žaluzií.....	19
Obr. 18 Příklad montáže SolarRoof.....	20
Obr. 19 Příklad montáže tašek Quad40.....	21
Obr. 20 Panel Solar Facade.....	22
Obr. 21 Příklad montáže Schüco BIPV na střeche.....	23
Obr. 22 Příklad montáže Schüco BIPV na stěnu.....	24
Obr. 23 Příklad montáže SunEwat na stěnu.....	25
Obr. 24 Příklad montáže SunEwat na střeche.....	25
Obr. 25 Příklad montáže systému Sapa Solar.....	26
Obr. 26 Srovnání výkonu systému Sapa Solar při použití různých typů článků.....	27
Obr. 27 Elektrárna VE05-400.....	28
Obr. 28 Větrná křivka elektrárny VE05-400.....	28
Obr. 29 Elektrárna 914i.....	29
Obr. 30 Větrná křivka elektrárny 914i.....	30
Obr. 31 Modulární větrná Elektrárna JPS-200.....	31
Obr. 32 Větrná křivka elektrárny JPS-200.....	31
Obr. 33 Elektrárna JPT-100.....	32
Obr. 34 Větrná křivka elektrárny JPT-100.....	33
Obr. 35 Elektrárna DS300.....	34
Obr. 36 Větrná křivka elektrárny DS300.....	34
Obr. 37 New World Wind Windtree.....	35
Obr. 38 Závislost výstupního výkonu a napětí na otáčkách rotoru Windtree.....	36

9 Seznam tabulek:

Tab. 1 Parametry panelu PM060MB2.....	16
Tab. 2 Parametry panelu TSM-PD05.....	17
Tab. 3 Parametry panelu SKALA	18
Tab. 4 Parametry žaluzií Solargaps Blinds	20
Tab. 5 Parametry sřechy SolarRoof	21
Tab. 6 Parametry tašek Quad40	22
Tab. 7 Parametry fasády Solar Facade	23
Tab. 8 Parametry BIPV systému od firmy Schüco	24
Tab. 9 Parametry systému SunEwat.....	26
Tab. 10 Parametry BIPV systému firmy Sapa Solar	27
Tab. 11 Parametry větrné elektrárny VE05-400	29
Tab. 12 Parametry větrné elektrárny 914i.....	30
Tab. 13 Parametry větrné elektrárny JPS-200.....	32
Tab. 14 Parametry větrné elektrárny JPT-100.....	33
Tab. 15 Parametry větrné elektrárny DS300.....	35
Tab. 16 Parametry větrné elektrárny Windtree	36
Tab. 17 Přehledová tabulka FVE – klasické panely.....	37
Tab. 18 Přehledová tabulka FVE - BIPV	37
Tab. 19 Přehledová tabulka VE.....	38

10 Seznam použité literatury

- [1] Jak funguje opstrovní fotovoltaický systém. *Solární experti* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://www.solarniexperti.cz/jak-funguje-ostrovni-off-grid-fotovoltaiicky-system/>
- [2] Ostrovní fotovoltaické systémy. *Enerfin plus* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://www.enerfinplus.cz/ostrovni-systemy.html>
- [3] Solar Energy & Photovoltaics. *National Energy Foundation* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <http://www.nef.org.uk/knowledge-hub/solar-energy/solar-energy-photovoltaics>
- [4] Fotovoltaické elektrárny - princip funkce a součásti, elektrárny v ČR. *Oenergetice.cz* [online]. [cit. 2020-02-11]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrarny-cr/fotovoltaiicka-elektrarna-princip-funkce-a-soucasti>
- [5] Jak funguje fotovoltaický neboli solární panel. *Eon solar* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://www.eon-solar.cz/blog/1-jak-funguje-fotovoltaiicky-neboli-solarni-panel>
- [6] Typy solárních panelů – co bychom o nich měli vědět. *Innogy* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://www.elektrinazeslunce.cz/faq-typy-solarnich-panelu>
- [7] Different Types of Solar Panels. *Solarmarket* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://www.solarmarket.com.au/residential-solar/different-types-of-panels/>
- [8] Ing. Jaroslav Jakubes a Ing. Václav Járka. *STUDIE „POTENCIÁL SOLÁRNÍ ENERGETIKY V ČESKÉ REPUBLICE“* [online]. 2015 [cit. 2020-05-09]. Dostupné z: <http://files.odpady.webnode.cz/200006128-0d90a0e8a8/CZEPHO%20-%20potenci%C3%A1l%20sol%C3%A1rn%C3%AD%20energetiky%20v%20%C4%8CR%20-%20FINAL%201.1.pdf>
- [9] Fotovoltaika v podmínkách České republiky. *Isofen energy* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <http://www.isofenenergy.cz/Slunecni-zareni-v-CR.aspx>
- [10] Jak funguje větrná elektrárna. *Skupina ČEZ* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobní-zdroje/obnovitelné-zdroje/vitr/jak-funguje-vetrná-elektrarna>

- [11] Strojovna větrné elektrárny. *Česká společnost pro větrnou energii* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://csve.cz/cz/clanky/strojovna-vetrne-elektrarny/324>
- [12] Stožár. *Česká společnost pro větrnou energii* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://csve.cz/cz/detail-kategorie/stozar/86>
- [13] Generátor větrné elektrárny. *Česká společnost pro větrnou energii* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://csve.cz/cz/clanky/generator-vetrne-elektrarny/329>
- [14] Systém natáčení strojovny. *Česká společnost pro větrnou energii* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://csve.cz/cz/clanky/system-nataceni-strojovny/330>
- [15] Převodovka větrné elektrárny. *Česká společnost pro větrnou energii* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://csve.cz/cz/clanky/prevodovka-vetrne-elektrarny/327>
- [16] Ing. Jiří Studeník a Mgr. Michal Svitavský. Technická problematika větrných elektráren. *Energie větru, vody, biomasy* [online]. 2016 [cit. 2020-05-09]. ISBN 978-80-88058-08-3. Dostupné z: <https://publi.cz/books/90/08.html>
- [17] Větrné elektrárny - princip, rozdělení, elektrárny v ČR. *Oenergetice.cz* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/typy-elektaren/vetrne-elektrarny-princip-cinnosti-zakladni-rozdeleni>
- [18] *Effects of Unsteady Aerodynamics on Vertical-Axis Wind Turbine Performance* [online]. Chicago, Illinois, 2014 [cit. 2020-05-09]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/263161316_Effects_of_Unsteady_Aerodynamics_on_Vertical-Axis_Wind_Turbine_Performance/figures?lo=1. Illinois Institute of Technology.
- [19] Štěpán Chalupa a David Hanslian. *Analýza větrné energetiky v ČR* [online]. 2015 [cit. 2020-05-09]. Dostupné z: https://www.csve.cz/img/wysiwyg/file/KomoraOZE_analyza-potencial-OZE_dilci-VTE_log.pdf
- [20] Interaktivní mapa větru ve výšce 10 m a podmínek pro malé větrné elektrárny. *Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v.v.i.* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <http://vitr.ufa.cas.cz/male-vte/>

[21] Průtoková baterie. *Oenergetice.cz* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/akumulace-energie/prutokova-baterie>

[22] BU-201: How does the Lead Acid Battery Work? *Battery university* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: https://batteryuniversity.com/index.php/learn/article/lead_based_batteries

[23] Sodíkové baterie - konstrukce, princip činnosti a aplikace. *Oenergetice.cz* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/rychle-zpravy/sodikove-baterie-konstrukce-princip-cinnosti-a-aplikace>

[24] Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D. a . *Akumulátory NiFe a NiCd* [online]. 2015 [cit. 2020-05-09]. Dostupné z: http://www.malavoda.cz/akum_nife_nicd.pdf

[25] LiFePO₄ vs Lithium Ion. *Amped Outdoors* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://ampedoutdoors.com/blogs/battery-blog/lifepo4-vs-lithium-ion>

[26] 10 důvodů proč LiFEPO baterie nahrazují Pb baterie. *Prosolar* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <http://prosolar.cz/news/10-10-duvodu-proc-LiFEPO-baterie-nahrazuji-Pb-baterie>

[27] Lithium-Ion State of Charge (SoC) measurement. *PowerTech* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://www.powertechsystems.eu/home/tech-corner/lithium-ion-state-of-charge-soc-measurement/>

[28] Velký přehled: Využívané i perspektivní technologie akumulace energie. *Oenergetice.cz* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/akumulace-energie/velky-prehled-vyuzivane-i-perspektivni-technologie-akumulace-energie>

[29] Nishant Kumar a . *Superconducting Magnetic Energy Storage (SMES) System* [online]. 2015 [cit. 2020-05-09]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/261204920_Superconducting_Magnetic_Energy_Storage_SMES_System

[30] Flywheel Energy Storage. *Planete energies* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://www.planete-energies.com/en/medias/close/flywheel-energy-storage>

- [31] Přecherřavací vodní elektrárna - princip a uspořádaní. *Oenergetice.cz* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/precerpavaci-vodni-elektrarna-princip-usporadani-2>
- [32] Mechanical Energy Storage. *Energy Storage Association* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://energystorage.org/why-energy-storage/technologies/mechanical-energy-storage/>
- [33] Dr. Horizon Gitano-Briggs a . *Small Wind Turbine Power Controllers* [online]. 2010 [cit. 2020-05-09]. Dostupné z: <https://www.intechopen.com/books/wind-power/small-wind-turbine-power-controllers>
- [34] SolarChargeController. *Inko* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <http://inko.com.sg/image/data/CATALOG/Valve/Solar%20controller.pdf>
- [35] A GUIDE TO POWER SOLAR INVERTERS. *Energy Matters* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://www.energymatters.com.au/components/inverters/>
- [36] Inverters. *Microsolar South Africa* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://www.microsolarsa.com/Inverters.php>
- [37] Chytré domy: úspora energie, pohodlí, bezpečnost. *Technický týdeník* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv-technik/chytre-domy-uspora-energie-pohodli-bezpecnost_28672.html
- [38] SunVivo PM060MW2/PM060MB2. *Iftech* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: https://shop.iftech.cz/index.php?controller=attachment&id_attachment=373
- [39] Honey TSM-PD05. *Trinasolar* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: https://static.trinasolar.com/sites/default/files/EN_TSM_PD05_datasheet_B_2017_web.pdf
- [40] Solární panel Trina Solar 275Wp POLY. *Iftech* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://shop.iftech.cz/solarni-panely/818-solarni-panel-trina-solar-275wp-poly.html>

[41] SKALA. *Skalafacade.com* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: https://www.skalafacade.com/wp-content/uploads/2020/01/AVANCIS_DATASHEET_SKALA_4.4_EN_2019-11.pdf

[42] CIGS Technology. *Avancis* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://www.avancis.de/en/cigs-technology/>

[43] HOW DOES SOLARGAPS WORK. *Solargaps* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://solargaps.com/about-product/>

[44] Sunpower C60. *Terms.eu* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: http://eshop.terms.eu/_data/s_3386/files/1379942540-sunpower_c60_bin_ghi.pdf

[45] Lindab Solar Roof. *Lindab střechy* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://www.lindabstrecthy.cz/lindab-solar-roof>

[46] PV Slate Roof Shingle SolteQ-Quad40. *SolteQ* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: https://www.solteq.eu/SolteQ_Energy-Roof-Quad40-GB.pdf

[47] Objektiver Vergleich Solardach: Tesla vs. SolteQ. *Pv magazine* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://www.pv-magazine.de/unternehmensmeldungen/objektiver-vergleich-solardach-tesla-vs-solteq/>

[48] Liberta solar facade. *AB Byggeprofiler* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <http://www.abbyggeprofiler.dk/wp-content/uploads/2019/12/liberta-solar-facade-en.pdf>

[49] https://www.schueco.com/web2/asset/cz/architekti/vyrobky/bipv/schueco_bipv/20798804/schueco_bauwerkintegrierte_photovoltaike.pdf

[50] Schüco window and facade systems with building integrated photovoltaics (BIPV). *Schüco* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: https://www.schueco.com/web2/asset/cz/architekti/vyrobky/bipv/schueco_bipv/20798804/schueco_bauwerkintegrierte_photovoltaike.pdf

[51] YG Pocket. *AGC Yourglass* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: https://www.agc-yourglass.com/sites/default/files/brochures/original/yg_pocket_2015_cz.pdf

[52] Sunewat. *AGC Yourglass* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://www.agc-yourglass.com/cz/cz/brands/sunewat>

[53] Sapa Solar. *ByggAluminium* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: http://www.kd-byggaluminium.se/wp-content/uploads/2016/03/Sapa_Solar_2012_SE_low.pdf

[54] Sapa Solar BIPV. *Sapa Building System* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: https://www.sapabuildingsystem.com/globalassets/sapa-building-systems-ab/pictures/brochures/solar_bipv_low.pdf?ts=636316455108630000

[55] Větrná turbína VE05 400W 12V. *Eco produkt* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://www.ecoproduct.cz/vetrne.elektrarny/vetrna.turbina.ve05.400w.12v>

[56] Malá větrná elektrárna Rutland 914i aplikace. *Solar Economic* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://www.solareconomic.cz/Mala-vetrna-elektrarna-Rutland-914i-aplikace-d476.htm>

[57] Rutland 914i Windcharger. *Solar Economic* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: https://www.solareconomic.cz/fotky7975/fotov/_ps_476Rutland-914i-Manual-C.pdf

[58] Větrná turbína JPS-200. *AVAS energy* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://www.solareconomic.cz/Vetrna-turbina-JPS-200-d316.htm#detail-anchor-description>

[59] JPS-200. *Wind Systems* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <http://www.wind-systems.eu/download/JPS-200-manual.pdf>

[60] Větrná turbína JPT-100. *AVAS energy* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <http://www.wind-systems.eu/vetrna-turbina-elektrarna-jpt-100.php>

[61] Větrná turbína JPT-100. *AVAS energy* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <http://www.wind-systems.eu/download/JPT-100-manual-2016.pdf>

[62] DS-300. *Hi-VAWT* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <http://www.hi-vawt.com.tw/downloads/DS-300%20User%20Manual%20Ver-2.0.pdf>

[63] DS300. *Etneo* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://www.etneo.com/en/wind-turbine-ds300/>

[64] Systém vertikální větrné turbíny Model: DS300. *AVAS energy* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <http://www.wind-systems.eu/specifikace-systemu-ds300.php>

[65] Modular Tree. *New World Wind* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <http://newworldwind.com/wp-content/uploads/Data-sheet-Modular-Tree.pdf>

[66] Wind Tree: electricity from slightest flow of air in France. *MCRIT* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <http://projects.mcrit.com/esponfutures/index.php/principal/55-wind-tree>